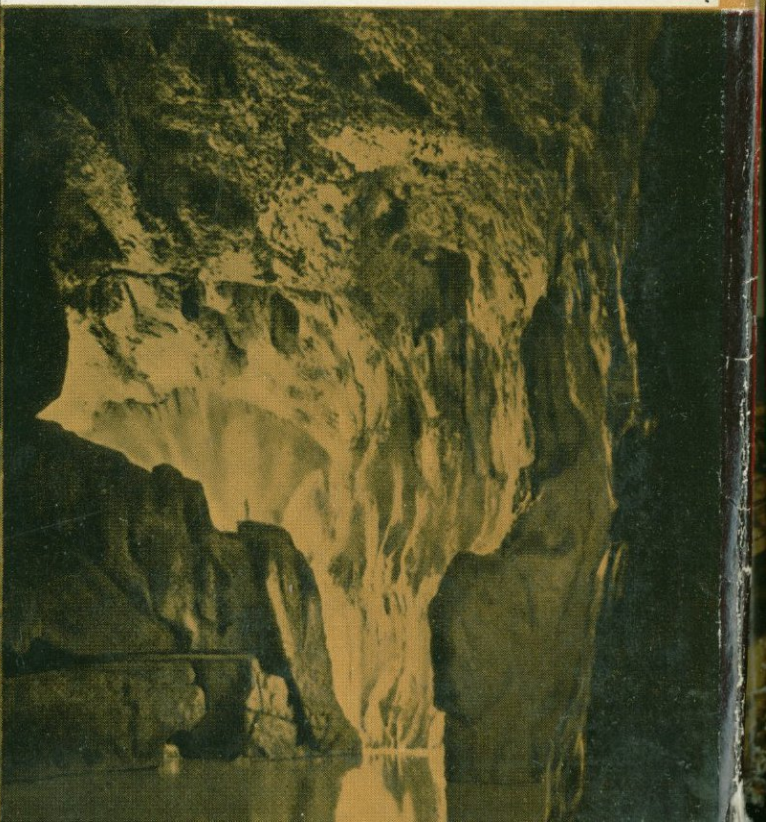


М. ШВАРЦБАХ
ВЕЛИКИЕ
ПАМЯТНИКИ
ПРИРОДЫ





Профессор Кёльнского университета Мартин Шварцбах известен советским читателям как крупный ученый по работе «Климаты прошлого» (Москва, ИЛ, 1955 г.). В данной книге он впервые выступает как популяризатор геологической науки и ревностный поборник охраны природы и ее нерукотворных памятников.



Martin Schwarzbach

КАРТА

ГЕОЛОГИСЧЕР ФОРШУНГ
ВЕРМАНТЕ СТАТТИК



ИСТИТУТЪ ГЕОЛОГІИ

ПРИРОДЫ

Областные карты геологических
исследований

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH

Stuttgart 1970

ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЕОЛОГИИ

Martin Schwarzbach

BERÜHMTE STÄTTEN
GEOLOGISCHER FORSCHUNG



Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH
Stuttgart 1970

УДК 551.1(1) 550.0.2(1) 100

551.1/4

М. ШВАРЦБАХ

ВЕЛИКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ

(Известные места геологических исследований)

Сокращенный перевод с немецкого
Г. И. Денисовой

502

Издательство «МИР» Москва 1973

551.1(1) 550.0.2(1) 100

Великолепие природы разнообразно и неповторимо. Грохочущая стена воды Ниагарского водопада, столбы дыма вулкана Везувия, величавый поток ледника Фокс, таинственный Голубой грот, дорическая колонна Башни дьявола — разве все их перечислишь, эти любопытные памятники природы. Образно, с большой любовью к природе автор рассказывает о знаменитых горных вершинах и долинах, известных пещерах, внутренних морях, озерах, гейзерах, о гигантских разломах земной коры, о горообразовании, дрейфе континентов, о вымерших диких животных и удивительных растениях. Шварцбах не только рисует картину этих творений природы, он описывает их образование, связь с различными процессами на поверхности Земли и в глубинах ее, геологические и климатические условия далеко-далекого прошлого и их изменение в течение истории нашей планеты.

Книга с великолепными иллюстрациями не оставит равнодушным никого из любителей природы — будь то школьник, студент или ученый. Для учителей школ и преподавателей геологических и географических факультетов вузов она будет хорошим помощником и путеводителем.

Редакция литературы по вопросам геологических наук



ОТ РЕДАКЦИИ

Книга профессора Кёльнского университета М. Шварцбаха «Великие памятники природы» по своему содержанию резко отличается от обычных описаний природных достопримечательностей преимущественно одного какого-либо района или страны. Автор собрал обширный материал о памятниках природы, разбросанных по всему земному шару, сгруппировав его в своего рода «тематических» разделах. Действительно, каждый читатель найдет в книге интересные для себя сведения о речных долинах, пещерах, ледниках, водопадах, дрейфе континентов, землетрясениях, озерах, современной флоре, о диких ископаемых, даже о климате и его изменении в течение истории нашей планеты.

Автор книги — геолог, поэтому естественно, что многие избранные им природные объекты представляют прежде всего геологический интерес, однако им описаны также памятники природы, которые привлекут внимание и географа. Прочитать же о них, познакомиться с процессами, вызвавшими их образование и развитие, с именами крупных ученых, исследовавших их, будет интересно каждому любителю природы, будь то школьник, студент или ученый.

Конечно, можно спорить о самом «подборе» памятников природы, описанных в книге, но автор справедливо заметил в предисловии, что составление такого «списка» всегда будет субъективным. Все же основным принципом, которым он руководствовался при отборе материала, был, видимо, принцип личного знакомства с объектом. Все описанные в книге достопримечательности М. Шварцбах видел и изучал сам. Вероятно, именно поэтому из его поля зрения выпали памятники природы, которыми так богаты Советский Союз, южная Азия или Восточная Африка.

Красной нитью по всем в общем не связанным между собой разделам проходит страстный призыв автора: «Берегите природу, сохраняйте уникальные памятники природы, не нарушайте созданной природой гармонии ландшафта!»

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ АВТОРА К НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ

В книге описаны широко известные места геологических исследований: горы и долины, коралловые рифы и ледники, вулканы и центры землетрясений. Здесь геолог проводит свои наблюдения, собирает образцы горных пород и окаменелости, которые позднее послужат основой более детального изучения. Список 42 таких мест, многие из которых представляют уникальные памятники природы, дополняют несколько музеев, где также проводится научная работа (см. обзорную карту на рис. 1).

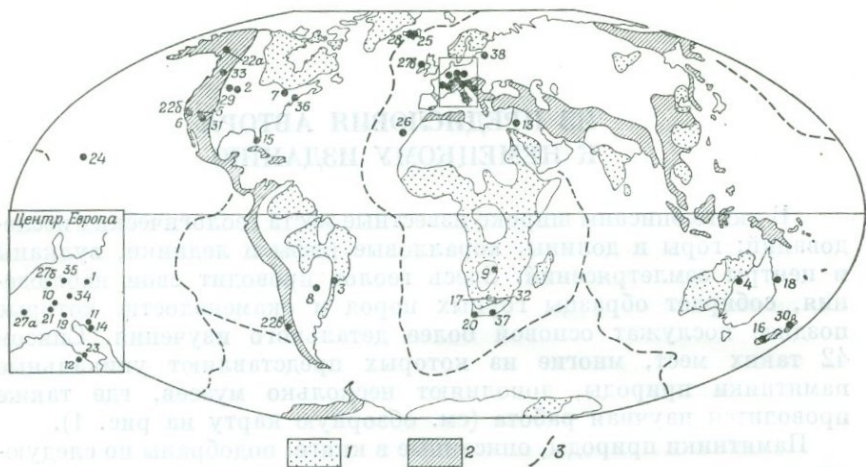
Памятники природы, описанные в книге, подобраны по следующему принципу:

- 1) определенные геологические особенности проявляются в них особенно четко и они столь просты и ясны, что даже несведущий в геологии любитель природы поймет самое существенное;
- 2) многие из них сыграли важную роль в истории геологических исследований;
- 3) большинство из них — живописные ландшафты, привлекательные для туристов;
- 4) все эти места связаны обычными путями сообщения, не нужна организация специальной экспедиции.

Отсюда вытекает цель книги: она должна помочь читателю понять геологическое строение памятника природы, историю его формирования в течение длительных периодов развития Земли. Читатель таким образом познакомится с разнообразнейшими геологическими проблемами и, может быть, подумает, не стоит ли ему самому осмотреть ту или иную достопримечательность природы.

Из этих соображений в книгу включены и совершенно негеологические описания, которые дают своего рода естественно-научный обзор. Почти для всех мест приведены климатодиаграммы, не только полезные туристу, но и помогающие понять геологические процессы в прошлом и настоящем (выветривание, почвообразование, денудация и т. д.). Подробности о животном мире и особенно о растительности читатель встретит в этой книге чаще, чем в обычных геологических публикациях. Здесь в какой-то мере находит отражение пристрастие автора к «климатам прошлого»¹ — направлению исследований, основанному на интерпретации геологических и метеорологических данных, а также на изучении фауны и флоры. Впечатляющую общую картину часто дает

¹ «Климаты прошлого» — известная книга М. Шварцбаха, изданная на русском языке в 1955 г. издательством «Иностранная литература». — *Прим. ред.*



Р и с. 1. Обзорная карта «великих памятников природы». Цифры на карте соответствуют номерам глав книги. Выделены также древнейшие и самые молодые части материков и океанские (подводные) хребты.

1 — древнейшие части материков (докембрий, древне 550 млн. лет); 2 — самые молодые части материков (молодые складчатые горы); 3 — океанские хребты.

путешествие на самолете — поэтому читатель встретит в книге снимки «с птичьего полета», особенно резко подчеркивающие характерные взаимосвязи. Взгляд с борта самолета нередко служит идеальным дополнением к геологическому молотку.

Правда, систематического обзора геологии того или иного памятника природы читатель в книге не найдет, ибо автор прежде всего стремился по возможности просто и доходчиво изложить геологическое строение участка, некоторые же геологические вопросы (например, тектонику или процессы метаморфизма) вообще нельзя рассматривать упрощенно. С другой стороны, геологические явления, не относящиеся именно к крупным проблемам геологии, разбираются более подробно, чем это принято в учебниках или на лекциях, поскольку для неискушенного читателя они более интересны и поучительны (например, водопады и гейзеры). Исчерпывающее описание вообще было бы невозможным, автору волей-неволей пришлось бы ограничиться рассмотрением некоторых частных случаев — ведь каждому такому памятнику природы можно было бы посвятить отдельную книгу, об отдельных из них написаны сотни научных статей. И все-же не только непосвященный читатель, но и специалист обнаружит в книге много не известных ему подробностей.

В остальном выбор был в известной мере произвольным. Ведь что считать редкостным памятником природы, в немалой степени зависит от субъективной оценки, знания достопримечательности и направления собственных исследований или интересов. Автор в виде опыта предлагал своим друзьям-геологам составить «свой»

список широко известных памятников природы, и, как правило, они оказывались мало похожими один на другой. Действительно, название «Гейзельталь» редко можно встретить в книге, написанной не на немецком языке, а название «Эйерс-Рок» — в книге не австралийского автора. И лишь немногие названия, несомненно, известны во всем мире. Прежде всего к ним относится «каньон Колорадо».

Вполне понятно, что собрать материал для такой книги, как эта, в течение нескольких месяцев нельзя. Достаточно сказать, что заметки, которые легли в основу гл. 1, сделаны автором, когда он был еще студентом, более 35 лет назад. Все описанное в книге «великие памятники природы», рассеянные между Данидином и Анкориджем, Вальдивией и Ленинградом, знакомы автору по собственным исследованиям.

М. Шварцбах

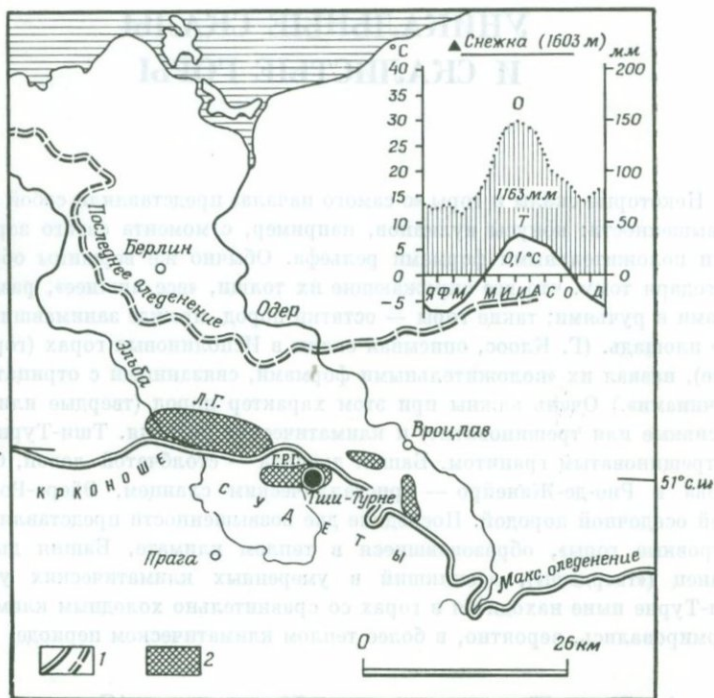
УНИКАЛЬНЫЕ СКАЛЫ И СКАЛИСТЫЕ ГОРЫ

Некоторые скалы и горы «с самого начала» представляли собой заметные возвышенности: конусы вулканов, например, с момента своего зарождения были положительными формами рельефа. Обычно же вершины образуются благодаря тому, что все окружающие их толщи, «все лишнее», размывается реками и ручьями; такие горы — остатки пород, прежде занимавших обширную площадь. (Г. Клоос, описывая скалы в Исполиновых горах (горы Крконоше), назвал их «положительными формами, связанными с отрицательными причинами».) Очень важны при этом характер пород (твердые или мягкие, массивные или трещиноватые) и климатические условия. Тши-Турне сложены трещиноватым гранитом, Башня дьявола — столбчатой лавой, Сахарная голова в Рио-де-Жанейро — кристаллическим сланцем, Эйерс-Рок — слоистой осадочной породой. Последние две возвышенности представляют собой «островные горы», образовавшиеся в теплом климате, Башня дьявола — останец («твердыш»), возникший в умеренных климатических условиях; Тши-Турне ныне находятся в горах со сравнительно холодным климатом, но сформировались, вероятно, в более теплом климатическом периоде.

1. Тши-Турне в горах Крконоше (Силезия)

Тши-Турне (Три камня) — одна из 59 групп скал, относящихся к геологическим памятникам природы гор Крконоше, причем, вероятно, самая красивая, «сказочный замок, превратившийся в камень». Такие же скалы можно найти на всех материках, но, пожалуй, редкая из них окружена столь живописным ландшафтом, как в Силезии, и вряд ли какая-нибудь из них геологически так подробно исследована.

В этой части Судет (рис. 1.1), больше чем в других средневысотных горах, в общем мягкие формы зрелого рельефа иногда приобретают почти альпийские черты: Снежка (1603 м) — самая высокая гора не только Судет, но и всей внеальпийской Центральной Европы, она высоко поднимается над границей древесной растительности. Нигде больше в Центральной Европе, кроме Карпат, не найти таких глубоко врезанных, со скалистыми стенами каров ледникового времени, создающих необыкновенно привлекательный ландшафт. «Камни», как называет местное население скалы, также представляют собой необычные формы рельефа. Многочисленные группы скал имеют свои собственные названия, но почти в каждом из них есть слово «камень». Три камня (рис. 1.2) расположены не на самом гребне, а несколько ниже озера Вельки-Став, на высоте 1200 м. Своей живописностью они привлекали многочисленных художников, главным образом роман-

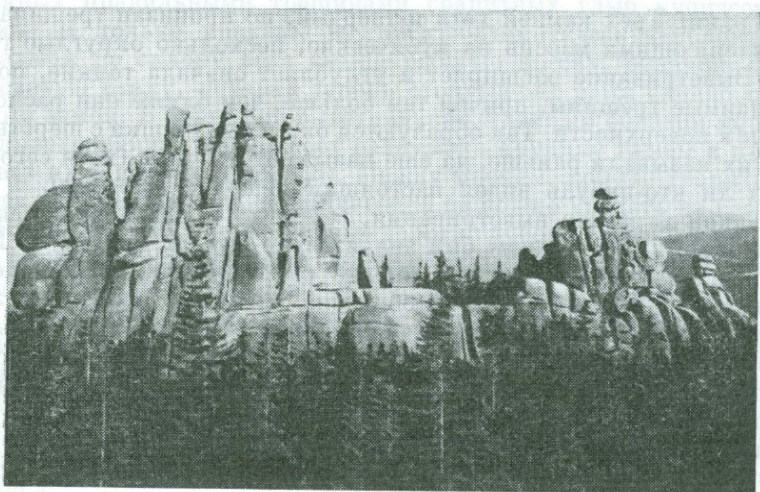


Р и с. 1.1. Местоположение Тши-Турне и климатодиаграмма. Показана также южная граница Скандинавского материкового ледника (максимального и последнего оледенения).

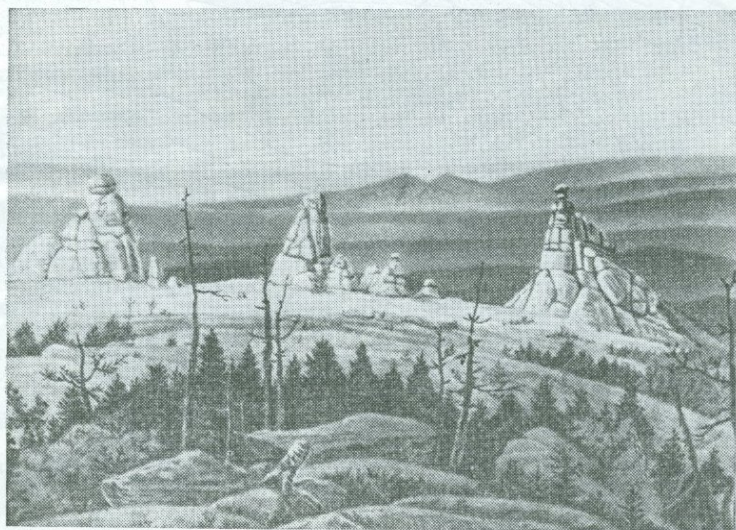
Л. Г.— Лауицкий гранит; Г. Р. Г.— гранит Рудных гор.

тического направления. К. Карус (1794—1869), например, изобразил «горный ландшафт с тремя скалами» (рис. 1.3). На картине удачно отражены геологические особенности Трех камней; правда, искусствовед назовет картину «композиционно и в цветовом решении пустой, без настроения». Более известная картина «Крест в горах» северогерманского художника К. Фридриха, путешествовавшего в 1810 г. по Исполиновым горам, пожалуй наиболее красивое, правда несколько далекое от действительности изображение отдельно стоящей гранитной скалы.

Три камня — прекрасный пример *треугольного гранита*. Большая часть Исполиновых гор (горы Крконоше) сложена этой горной породой, отличающейся, особенно в пределах гребня, грубозернистым строением. Сланцевая оболочка, в которую некогда внедрился гранитный расплав, давно уже размыта и сохранилась лишь местами, прежде всего в господствующей вершине Снежка (рис. 1.4). Слюдистые сланцы, ставшие особенно крепкими в непосредственном контакте с гранитами, способствовали образованию этой крутой горной вершины.



Р и с. 1.2. Тши-Турне в горах Крконоше. Вид на восток. Гранитные скалы с правильной трещиноватостью и формами выветривания типа «мешков с шерстью». На заднем плане вершина горы Снежка (1603 м).



Р и с. 1.3. Тши-Турне. Картина К. Каруса (1794—1869) — художника романтической школы.

Гранит Трех камней хотя и твердый, но пронизан трещинами, расчленяющими массив на кубические, несколько округлые глыбы. Выветривание расширяет и углубляет сначала тонкие, почти невидимые трещины, причем тем больше, чем ближе они расположены к поверхности. Так образуются округлые «мешки с шерстью», как их называли раньше, да еще называют и сейчас (хотя сегодня вряд ли кто-нибудь видел настоящий мешок с шерстью).

Такой характер выветривания, вероятно, — наследие далекого прошлого, когда климат был значительно теплее, чем ныне. Так, во всяком случае, считают многие современные геоморфологи. Географ Г. Вильгельм из Тюбингена наглядно изобразил этот процесс на рис. 1.5. В третичном периоде даже в Центральной Европе было достаточно тепло и влажно, чтобы на поверхности происходило интенсивное химическое выветривание гранита. На глубину в несколько метров он превратился в рыхлую, местами глинистую дресву, внешне почти не отличающуюся от гравия или песка. Под этим слоем дресвы выветривание по трещинам продолжало проникать глубже, где образовывалось нагромождение раз-

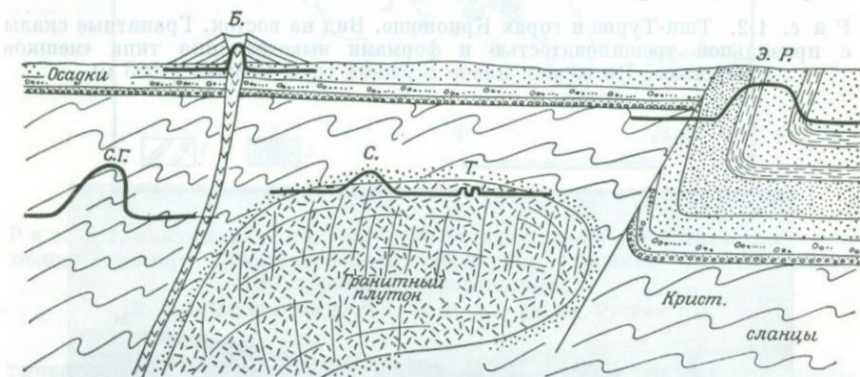


Рис. 1.4. Только вследствие интенсивного сноса происходит постепенное обнажение затвердевшего в глубине гранита. Кристаллические сланцы и слои осадочных пород первоначально залегали над гранитным плутоном. Жирными линиями схематически показан современный уровень денудации Снежки (С.) и Тши-Турне (Т.), Башни дьявола (Б.), Сахарной головы (С. Г.) и скалы Эйерс-Рок (Э. Р.).

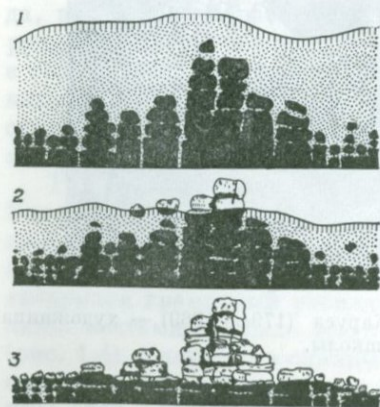


Рис. 1.5. Выветривание трещиноватого гранита в условиях теплого климата (1); рыхлая дресва позднее удаляется процессами денудации (2), и на поверхности остается гранитная скала (3).

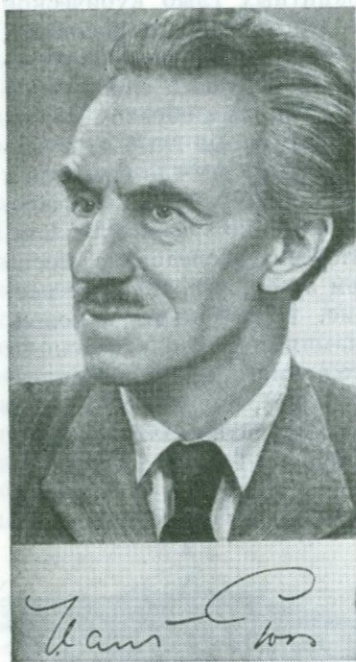
деленных правильными трещинами гранитных глыб кубической формы. И только позднее, в других климатических условиях, стекавшая по склону вода смыла рыхлую древесу, обнажив трещиноватую скалу, которая теперь стоит перед нами словно сказочный замок. В наши дни выветривание, главным образом морозное выветривание, продолжает разрушать крупные глыбы и превращает их в щебень (рис. 1.6). Между прочим, кое-где гранитная древесина не была снесена, и еще сегодня ее можно увидеть на гребне гор Крконоше там, где шоссе дороги глубоко врезаны в склон.

Трещиноватость гранита фундаментально исследована после первой мировой войны главным образом здесь, в гранитном массиве Исполиновых гор Г. Клоосом (рис. 1.7). Теперь, наконец, мы подходим к связи между Тремя камнями и геологическими исследованиями. В 1925 г. Г. Клоос, в то время профессор в Силезском университете в Бреслау (ныне Вроцлав), опубликовал свою книгу «Введение в тектонический анализ магматических явлений (тектоника гранита). Часть I. Исполиновые горы в Силезии». Родился Г. Клоос в 1885 г. в Магдебурге. Еще будучи молодым геологом, он имел возможность познакомиться с научными проб-



Р и с. 1.6. В условиях современного высокогорного климата граниты гор Крконоше распадаются на угловатые глыбы. Склон горы на высоте около 1500 м.

Р и с. 1.7. Г. Клоос (1885—1951)
исследователь гранитов Силезии,

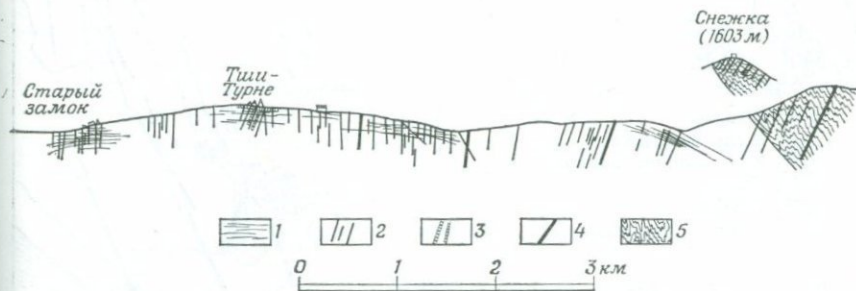


лемами, связанными с гранитом, работая в горах Эронго (Юго-Западная Африка). Приняв кафедру в Бреслау в 1919 г., он со своими многочисленными учениками продолжил изучение гранитов, завершившееся стройной теорией *тектоники гранита*. Судеты прямо-таки наталкивали на такого рода работу, потому что гранит распространен не только в Исполиновых горах; южнее Вроцлава, в Оберлаузице и других районах, в каменоломнях можно найти прекрасные обнажения гранитных массивов («плутонов»). Здесь «очень хорошо видно, что эта магматическая порода отнюдь

не беспорядочно зернистая», что шпирь и трещины расположены в ней в определенном порядке и отражают картину движения поднимавшихся расплавов и распределения тектонических сил в процессе их затвердевания.

В Трех камнях структуру «мешков с шерстью» определяют крутопадающие (наклоненные к западу под углом 75°) поперечные трещины, простирающиеся в северо-восточном направлении, крутые трещины, перпендикулярные первым, и, наконец, почти горизонтальные шпирь с параллельными им трещинами напластования (рис. 1.8). Трещины, открывавшиеся при затвердевании магмы, часто заполнялись расплавом, который поднимался из более глубоких зон. Так, в Трех камнях видны пологозалегающие светлые жилы аплита, а в центральной части гор Крконоше — километровой длины крутопадающие темные лампрофировые и красноватые гранит-порфировые жилы, протягивающиеся в северо-восточном направлении, как и поперечные трещины. На специальных геологических картах, составленных Г. Бергом, эти жилы выступают необыкновенно отчетливо (рис. 1.9).

Именно эти фундаментальные исследования гранитов (продолженные позднее в Норвегии и в горах Сьерра-Невада в Америке) наряду с другими оригинальными работами по тектонике явились для Американского геологического общества основанием наградить Г. Клооса золотой медалью Пенроуза (он первый и пока единствен-

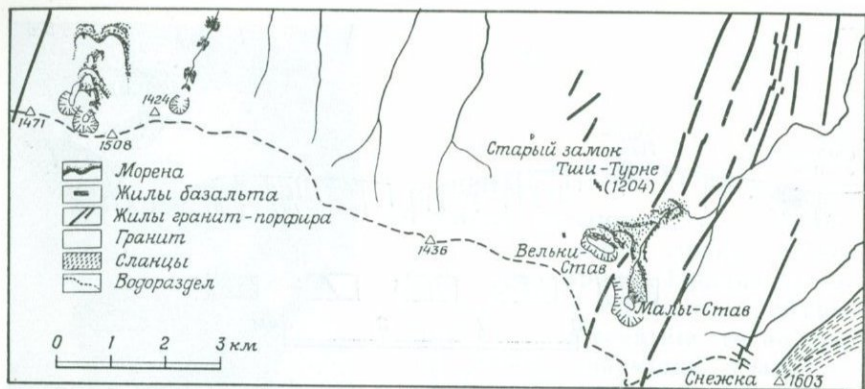


Р и с. 1.8. Геологический разрез от горы Снежка до Тши-Турне (по Г. Клоосу, 1925 г.).

1 — шлиры и пологопадающие трещины в граните; 2 — крутопадающие трещины в граните; 3 — жилы аплита и пегматита; 4 — жилы гранит-порфира; 5 — вмещающие породы (сланцевые сланцы).

ный немец, удостоенный этой награды). Умер Клоос в 1951 г. В своей широко известной книге «Беседа с Землей» он посвятил граниту Крконоше отдельную главу.

502
 Формы выветривания Трех камней переносят нас в эпоху с иным, более теплым климатом. Немало в горах Крконоше и других свидетелей климатических условий далекого прошлого. Это врезанные в склоны недалеко от Трех камней живописные кары с озерами Вельки-Став и Малы-Став, которые в период последнего оледенения вмещали небольшие ледники (рис. 1.9). История оледенения гор Крконоше капитально исследована уже в прошлом столетии. Четвертичное оледенение было здесь достаточно скромным; помимо небольшого количества, вероятно, очень красивых каровых ледников на чешской (южной) стороне гор лишь несколько *маленьких ледников* занимали долины; самый протяженный из них, развитый в долине Эльбы, достигал лишь 5 км в длину. Снеговая граница пролегла тогда на высоте около 1200 м. И. Парч предполагал, правда, существование даже обширных ледников на плато, а К. Беренд, закончивший свой жизненный путь в Исполиновых горах, якобы наблюдал многочисленные котлы вымывания, созданные талыми водами ледников, подобные котлам в известном «ледниковом парке» в Люцерне. За формы вымывания он принимал многочисленные котлообразные углубления на некоторых гранитных скалах Исполиновых гор, которые в народе называют «жертвенными котлами» (очевидно, связывая их с ритуальными языческими обрядами). Встречаются такие «котлы» и на Трех камнях. Но, конечно, они не связаны ни с нашими предками, ни с ледниками; котлы образуются там, где дождевая вода скапливается в небольших углублениях, которые в процессе выветривания постепенно увеличиваются. Это типичные «ниши



Р и с. 1.9. Каровые ледники последнего оледенения на северном склоне гор Крконоше. Как явствует из положения конечных морен, длина ледников была небольшой. На карте выделены также правильно расположенные, иногда очень протяженные жилы в гранитном массиве.

выветривания», известные и в других районах распространения гранитов. Пожалуй, самые красивые ниши автору довелось увидеть в Хом-Стейт-Форесте, в горах Сьерра-Невада, Калифорния. Здесь их называют «индиен бат табз» («индейские ванны»). Кроме несомненных следов четвертичного оледенения, мы находим в горах Крконоше свидетельства более позднего, послеледникового, «теплого» периода, от которого нас отделяют всего 5 — 6 тыс. лет. Хотя температура в то время была лишь на несколько градусов выше, чем сегодня, этого было достаточно, чтобы граница древесной растительности (проходящая в настоящее время на высоте 1250 м) опустилась до уровня гребня гор Крконоше, где сейчас ни одно дерево не растет. Геоботаники К. Рудольф и Ф. Фирбас доказали это, тщательно изучив торфяники, когда эра спорово-пыльцевого анализа только еще начиналась.

Сохранилось несколько рисунков гранитных скал, сделанных Гёте, правда, не Трех камней, но похожих на них скал в Гарце и Луизенбурге в горах Фихтель (в Гарце установлена мемориальная доска, на которой отмечено, что Гёте был здесь в 1785 г.). Гранит заинтересовал Гёте не столько как художника, сколько как естествоиспытателя и философа. Его проникновенные слова «о граните» (1784 г.) приходят на память при взгляде на Три камня, хотя эти слова и отражают неправильные представления его времени (фрейбергский геогност А. Вернер считал гранит древнейшей частью земной коры, образовавшейся в *праокеане*): «С такими мыслями я приближаюсь к вам, древнейшие, достойнейшие памятники времени. Сидя на высокой голой вершине и окидывая взором необъятные дали, я говорю себе: здесь ты отдыхаешь на породах, которые уходят в самые глубокие части земли. Ни один чужеродный слой, никакие принесенные обломки не легли между вами и твердью первозданного мира».

Ныне гранит уже не вызывает у нас столь возвышенных и романтических чувств, мы исследуем его строгими методами геологии, физики и химии. Теперь нам известно, что гранит Кркошоне *не древнее каменноугольного времени*. После образования одновозрастного с ним лаузицкого гранита прошло 280 млн. лет. Это, конечно, много, например, по сравнению с гранитом Йосемитской долины, но ничтожно мало по сравнению с длительностью всей истории Земли.

2. Башня дьявола (Вайоминг)

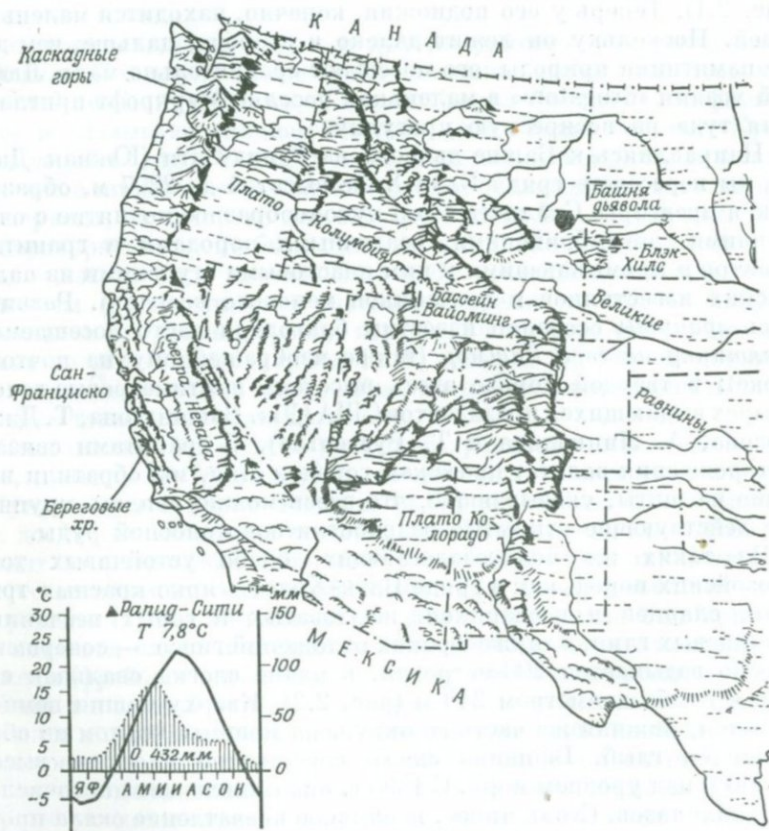
Башня дьявола (*Devils Tower*) — одна из многих причудливых скал, которыми так богат Запад США, но в некоторых отношениях единственная в своем роде. Она даже помещена на почтовой марке, а для Северной Америки это что-нибудь да значит. Это был первый «национальный памятник» Соединенных Штатов (1906 г.), расположенный в северо-восточной части Вайоминга (рис. 2.1). Теперь у его подножия, конечно, находится маленький музей. Поскольку он лежит далеко в стороне, дальше, чем другие памятники природы, его посещают сравнительно мало. Любезный хозяин «drugstore» в маленьком поселке Муркрофт пригласил меня туда на воскресную прогулку.

Направляясь к Башне дьявола из Рапид-Сити (Южная Дакота), вы пересечете гряду Блэк-Хилс высотой до 2207 м, образующую в предгорье Скалистых гор куполообразное поднятие с очень древними, докембрийскими, осадочными породами и гранитами в центре и примыкающими к ним пластовыми ступенями из палеозойских известняков и песчаников мелового возраста. Развитые здесь *граниты* особенно известны благодаря часто посещаемому *памятнику на горе Рашмор* (также изображенному на почтовой марке): в твердой породе здесь высечены шестиметровые головы четырех выдающихся президентов США (Дж. Вашингтона, Т. Джефферсона, А. Линкольна и Т. Рузвельта). С гранитами связаны месторождения золота; проезжая городок Лид, мы обратили внимание на щиты, указывавшие, что здесь можно увидеть крупнейшие действующие открытые разработки золотоносной руды.

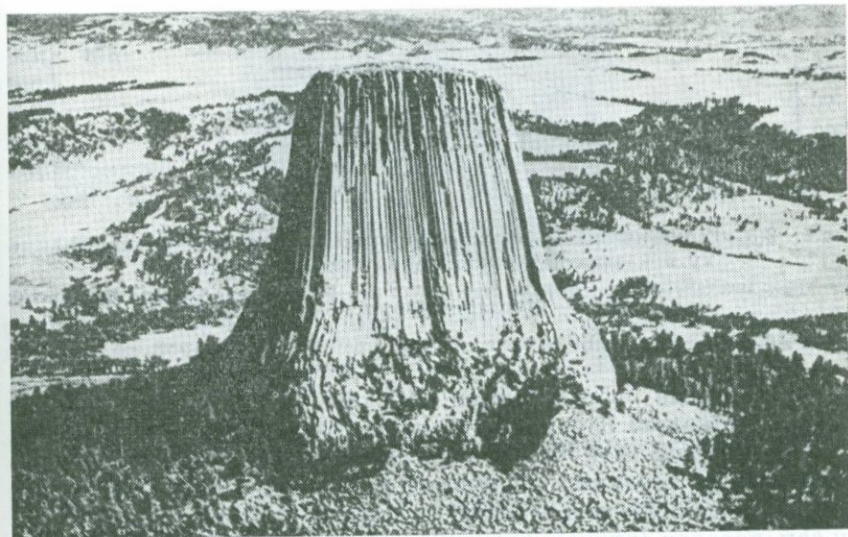
Из таких же пологозалегающих, слабо устойчивых толщ мезозойских пород, как в гряде Блэк-Хилс, — ярко-красных триасовых сланцев и песчаников, желтоватых и серых песчаников и сланцевых глин, а также юрских отложений гипса — совершенно отвесно вздымается 200-метровая, в плане слегка овальная скалистая глыба диаметром 240 м (рис. 2.2). Кверху башня немного сужается, нижняя же часть ее окружена мощным чехлом из обрушившихся глыб. Вершина скалы совершенно плоская, высота ее 1560 м над уровнем моря. С 1893 г. она привлекает многочисленных скалолазов. Столь яркое, необычное впечатление скала производит потому, что в ближайших ее окрестностях нет ни одной подобной возвышенности. Одни лишь горы Миссури-Батс, рас-

положенные в 5 км северо-западнее и сложенные такими же породами, представляют собой резко выступающие, но округлые вершины. В остальном местность довольно однообразная, пашен здесь мало, да и жителей немного. Редкие леса, раскинувшиеся вокруг Башни дьявола, состоят преимущественно из сосны Пондероза (*Pinus ponderosa*, «увесистая», из-за тяжелой древесины). Много удовольствия доставляют особо охраняемые здесь «луговые собачки» (*Synotys ludovicianus*) — резвые, похожие на сусликов грызуны, обитающие большими колониями в обширных подземных пещерах («деревнях»). Ничего общего с собаками, кроме названия и лающего сигнала тревоги, они, конечно, не имеют.

Одна из наиболее примечательных особенностей скалы состоит в ее необыкновенно правильной трещиноватости. Пятигранные столбчатые отдельности сохраняют свою форму от основания до вершины, хотя, особенно вверху, они расчленены горизонтальными трещинами на плоские призмы. Диаметр этих природных



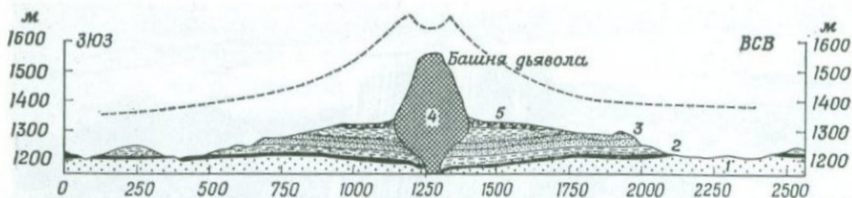
Р и с. 2.1. Местоположение скалы Башня дьявола и климатодиаграмма.



Р и с. 2.2. Башня дьявола. Фонолитовый порфир со столбчатой отдельностью.

колонн внизу почти 2,5 м, сверху — несколько более 1 м. К вершине скалы колонны, сужаясь, образуют более узкий пучок, чем у основания, где они полого изогнуты наружу. Насколько известно, с того времени, когда сюда пришли белые (1859 г.), ни одна из колонн не упала. Порода, слагающая Башню дьявола, совершенно не похожа на осадочные толщи, развитые в ее ближайших окрестностях. Она не только значительно крепче, но и другого происхождения. Это магматическая порода, *фонолитовый порфир*. В серой основной массе содержится множество крупных белых кристаллов полевого шпата — ортоклаза, богатого натрием.

Внедрение расплава произошло в третичное время, но как образовался этот огромный монолит, пока еще не ясно. Несомненно лишь то, что некогда его окружали совершенно другие слои, которые с течением времени были снесены, поскольку они оказались податливей. Сохранился только более устойчивый фонолит-порфировый штук. Следовательно, Башня дьявола представляет собой «твердыш». Большинство исследователей считают, что это *жерловина* (некк) бывшего вулкана, который здесь некогда возвышался над равниной, но потом был размыт. Очевидно, вулкан поднимался над вершиной современной скалы на несколько сотен метров (рис. 2.3; см. также рис. 1.4). Аналогично, по-видимому, происхождение Драконовой скалы в рейнских горах Зибенгебирге. Г. Клоос опубликовал возможный вариант реконструкции формы и размеров вулкана, жерловиной которого был этот массив. Фонолитовый штук в Хегау также, вероятно, относится



Р и с. 2.3. Геологический разрез Башни дьявола. Пунктирной линией сверху показана вероятная форма прежнего вулкана.

1 — триас (песчаники); 2 — средняя юра (гипс); 3 — верхняя юра (сланцы, песчаники); 4 — феонолит-порфир; 5 — осыпь.

к такого рода образованиям. Можно предположить, что эти «руины вулканов» Западной Германии, так же как, по-видимому, и Башня дьявола в США, образовались вследствие того, что огненный, но сравнительно вязкий расплав при своем внедрении не достиг земной поверхности, а застыл в более древних, чем он сам, породах (вулканических туфах, возможно даже в осадочной толще), но вблизи поверхности. Такие застывшие в виде штоков лавовые массы (строго говоря, это не лава, поскольку на дневную поверхность она вышла не в жидком — расплавленном — состоянии) называют *субвулканами*. Однако можно было бы также представить, что Башня дьявола связана не с обычным вулканом, а с магматической массой, затвердевшей в виде пласта на некоторой глубине, но опять же сравнительно близко к поверхности (такие образования называют *лакколитами*; классические примеры их известны в горах Генри, плато Колорадо). Затвердевание пород происходит так же, как затвердевание настоящей лавы, поэтому феонолитовый порфир Башни дьявола можно считать лавой в широком понимании этого термина.

Столбчатые отдельности в вулканических породах — явление не редкое; правда, они характерны чаще всего для темного базальта (пример: «мостовая гигантов» в Ирландии²⁷), где отчетливо видна их связь с поверхностями охлаждения; в Башне дьявола эти связи выражены менее четко.

Может быть, даже более впечатляющие феонолитовые и трахитовые жерловины, отпрепарированные выветриванием в бескрайнем ландшафте пустыни, известны в Центральной Сахаре, в массиве *Ахаггар*. Одна из таких отвесно vzdымающихся скал — гора *Ихарен* изображена на почтовой марке в связи с Международным геологическим конгрессом, проходившим в 1952 г. в Алжире (рис. 2.4). Бросается в глаза удивительное сходство с Башней дьявола; здесь отсутствует лишь ее необычайно красивая столбчатая отдельность. К сожалению, горы Ахаггар для обычного путешественника трудно доступны (мне удалось посетить их во время одной из экскурсий, организованных Конгрессом), поэтому предпочтение было отдано Башне дьявола.



Р и с. 2.4. Скала Ихарен в горах Ахаггар — североафриканская «Башня дьявола» из фонолита. Почтовая марка, выпущенная к Международному геологическому конгрессу, Алжир, 1952 г.

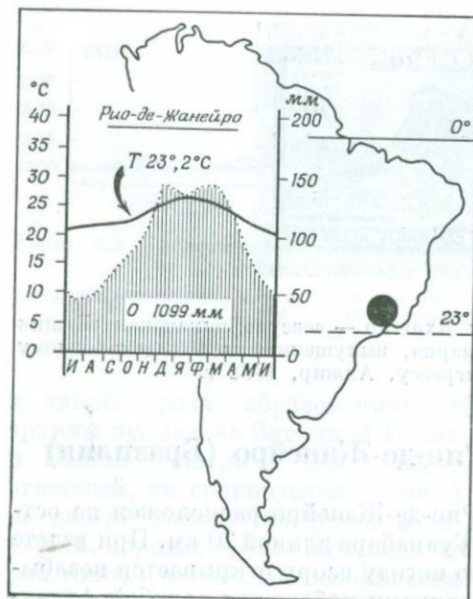
3. Сахарная голова в Рио-де-Жанейро (Бразилия)

Международный аэропорт Рио-де-Жанейро расположен на острове Говернадор в узкой бухте Гуанабара длиной 20 км. При взлете и посадке с самолета в хорошую погоду взору открывается незабываемая картина изрезанного заливами побережья голубой Атлантики и одного из замечательнейших горных ландшафтов мира: целые группы крутых усеченных конусов гор с подножием, поросшим густым зеленым тропическим лесом, и морем белоснежных домов города и его предместий.

Вряд ли можно оспаривать у Рио-де-Жанейро славу *наиболее красиво расположенного города с миллионным населением*. Не может с ним сравниться ни знаменитый Сан-Франциско, ни Неаполь, ни Кейптаун, ни Сантьяго-де-Чили, несмотря на великолепие горного фона, каким служат Везувий, Столовая гора и почти семитысячметровые Анды, поднимающиеся за этими городами.

Словно на страже у входа в обширный залив Рио-де-Жанейро стоит не самая высокая, но наиболее примечательная гора — *Сахарная голова*, по-португальски *Пау-де-Ашукар*, известная во всем мире примета Рио-де-Жанейро, более того, — Бразилии (рис. 3.1, 3.2). Что такое настоящая сахарная голова, теперь вряд ли кто-нибудь знает; правда, на следующий день после одной из лекций, где я не преминул сказать, что сам никогда такой головы не видел, мне прислали несколько настоящих сахарных голов, и, должен признаться, такое название как нельзя лучше подходит для бразильской горы.

Красиво звучит и название города — Рио-де-Жанейро. Но означает оно всего-навсего «январская река» — сухое напоминание о том, что реку 1 января 1502 г. (или 1504 г.) открыл португалец Гонсалу Коэльо. Между прочим, название увековечивает и ошибку открывателя, принявшего бухту Гуанабара с ее узким входом за устье реки. В действительности же на почти 800-километровом побережье федеральных штатов Сан-Паулу и Рио-де-

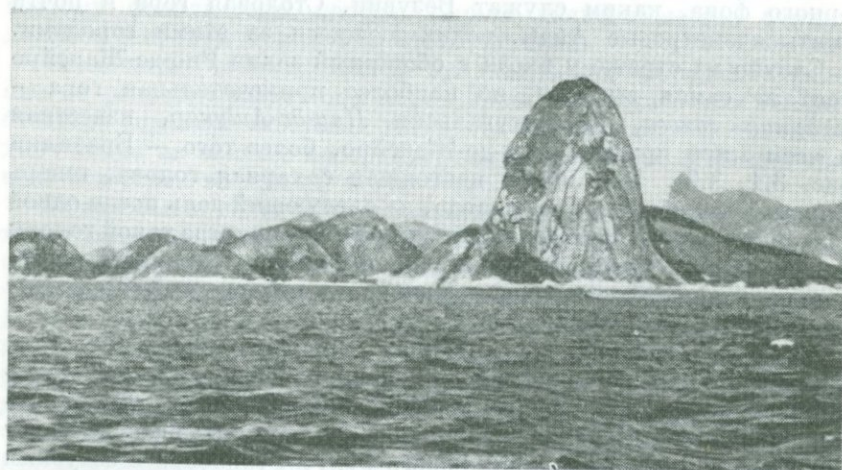


Р и с. 3.1. Местоположение Рио-де-Жанейро и климатодиаграмма для этого города.

Жанейро нет ни одной более или менее крупной водной артерии. Большая река Парайба на протяжении более 500 км течет параллельно сьеррам (горам), составляющим тыловую зону штатов Сантос и Рио-де-Жанейро.

В Рио (так называют свой город жители) не одна Пауде-Ашукар, а целая группа гор, похожих на сахарную голову (рис. 3.3.) Некото-

рые из них образуют острова в море, то есть это действительно островные горы; но «островными» геоморфологи называют горы совершенно иного происхождения, одиноко возвышающиеся среди равнинной местности. Во время прогулок по знаменитому пляжу Копакабана или даже по оживленным шумным улицам суперсовременного города эти своеобразные горные вершины постоянно остаются в поле зрения. Часто они встречаются и в гор-

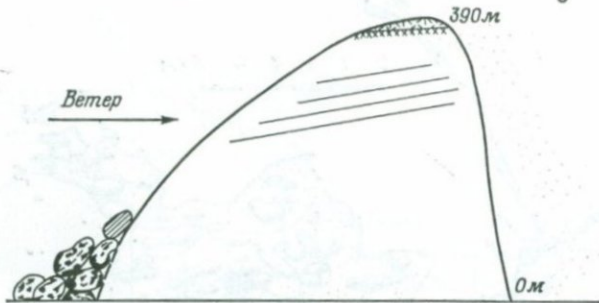


Р и с. 3.2. Сахарная голова в Рио-де-Жанейро.



Р и с. 3.3. Ландшафт с «сахарными головами» в районе Рио-де-Жанейро.
Город занимает большую часть равнинной местности.

Z.— Сахарная голова; С.— Корковадо.



Р и с. 3.4. Разрез горы Сахарная голова. На вершине — кора выветривания.

ных хребтах штатов Рио-де-Жанейро, Эспириту-Санту и Минас-Жерайс. Ф. Фрейзе, много лет изучавший конусовидные горы Бразилии, отмечает, что 52 из них носят название «Сахарная голова» или индейское название, означающее примерно то же («итапока» — каменный палец). Обычно же их называют просто «морру» (по-португальски «горы»). Близ Терезополиса есть еще «органные» горы с характерным пиком Деду-де-Деуш («Перст божий»), возвышающимся на 240 м над своим основанием.

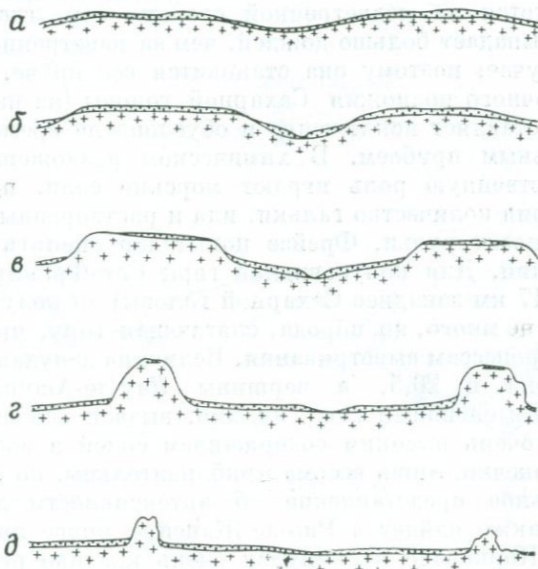
Ни один любитель природы не сможет отказать себе в удовольствии осмотреть Сахарную голову или не менее знаменитую гору Корковадо. Для этого не обязательно быть первоклассным скалолазом: на Сахарную голову (высота 395 м) вас доставит протянутая на головокружительной высоте подвесная канатная дорога, а на Корковадо (704 м) — вагончик рельсовой дороги с зубчатым ведущим колесом. Обе горы асимметричны, их осевая линия наклонена, поэтому противоположные склоны не одинаково круты. Отсюда название «Корковадо», что в переводе означает «горбатый». Восточный склон горы падает под углом 45° , а западный наклонен под углом более 70° (рис. 3.4).

На *Корковадо* высится огромная статуя Христа, которую часто можно увидеть на фотографиях, «высотой 30 м и весом 1145 т». Большинству небразильцев статуя, несомненно, покажется безвкусной. Но вид отсюда великолепен, он даже живописнее панорамы, открывающейся с вершины Сахарной головы, хотя бы потому, что Корковадо выше. При подъеме на вершину можно осмотреть обнажения породы, слагающей эту возвышенность: грубозернистого *гнейса* с крупными светлыми кристаллами полевого шпата. Это кристаллическая горная порода, характерная для очень древнего, докембрийского, *Бразильского щита*. Аналогичные обширные массивы докембрийских пород — гнейсов, гранитов, слюдяных сланцев — образуют древнейшие ядра не только Южной Америки, но и всех других материков. В Европе таким ядром

служит Балтийский щит (Швеция, Финляндия, Карелия), в Северной Америке — Канадский. Определения абсолютного возраста дали для докембрия Южной Америки цифру около 1000 млн. лет. Гнейсы в районе Рио-де-Жанейро моложе, им «всего» около 500 млн. лет.

Своеобразная форма гор, образование значительно более молодое, часто привлекала внимание геоморфологов, хотя островные горы такого типа известны не только в Бразилии, но и в других районах земного шара. Их изучением впервые начали заниматься в Африке. В. Борнхардт, работавший в Восточной Африке, первым назвал их в 1900 г. «островными горами», потому что они по подобию островов возвышаются над равнинной саванной. Это название фигурирует также в английском и французском языках, но иногда англичане и французы называют островные горы по имени первого исследователя, описавшего их, — «борнхардтами».

Островные горы характерны главным образом для *переменно-влажных тропиков*. Если же они встречаются в других климатических зонах, то всегда можно предположить, что эти горы — реликтовые формы, образовавшиеся при иных климатических условиях (в качестве примера достаточно привести Эйерс-Рок из аридной Австралии!). Возникновение их, основываясь на мате-



Р и с. 3.5. Фазы образования островных гор в условиях переменно-влажного тропического климата. В остаточную поверхность врезаются долины сначала с пологими, затем с крутыми склонами; постепенно эрозия «разъедает» остаточную поверхность — сохраняются только островные горы.

риалах исследования О. Йенсена (преимущественно в Анголе), можно представить себе так (рис. 3.5): в плоских широких долинах местами постепенно образуются крутые уступы, постоянно увеличивающиеся в размерах; обрывистые склоны уступов под воздействием выветривания все дальше отступают от тальвега; постепенно эти уступы начинают разрушаться и с боков, так что в конце концов вместо обширной равнины остаются ее останцы — островные горы. Процессу образования островных гор способствует то, что по крутым склонам, коль скоро они возникли, дождевые воды стекают быстро; выветривание склонов происходит преимущественно в сухое время года путем отслаивания породы. Обломочный материал у подножия склонов интенсивно разлагается и смыывается ливневыми дождями. В Альпах и других высоких горах, так же как у подножия Башни дьявола, возникают осыпи из обломочного материала, у островных же гор между скальной стеной и пологим сильно выветрелым подножием образуется резкий перелом склона.

В Рио-де-Жанейро влажный летний период длится приблизительно 7 месяцев (с ноября по май), когда бывает 100 — 155 дождливых дней. Существенную роль в увеличении влажности воздуха играет туман, главным образом в июне — августе. Ф. Фрейзе подробно изучил процессы выветривания в условиях такого климата. По его наблюдениям, обломочный материал особенно интенсивно образуется на подветренной стороне гор, где, как это ни странно, выпадает больше дождей, чем на наветренном склоне; во всяком случае, поэтому она становится все круче. Глыбовая осыпь у восточного подножия Сахарной головы (на наветренной стороне) представляет исключение и обусловлена временами необычайно сильным прибоем. В химическом разложении горной породы существенную роль играют морские соли, приносимые ветром. Измерив количество гальки, ила и растворенных веществ, которые переносят ручьи, Фрейзе попытался оценить интенсивность денудации. Для конусовидной горы Сан-Франциску высотой 280 м (в 17 км западнее Сахарной головы) он получил цифру 2 м³/год; это не много, но порода, слагающая гору, чрезвычайно устойчива к процессам выветривания. Величина денудации других гор определена в 26,5, а вершины Пау-де-Ашукар — даже в 70 м³/год. Интенсивный снос, видимо, вызван особой экспозицией горы и очень высоким содержанием солей в воздухе. Все эти цифры, конечно, лишь весьма приблизительны, но они все же дают правильное представление об интенсивности денудации.

Ботаник также найдет в Рио-де-Жанейро много интересного. У подножия Корковадо раскинулся очень красиво расположенный и с давних времен широко известный ботанический сад, основанный в 1808 г. В нем насчитывается более 7000 видов растений. Привлекает внимание знаменитая аллея из королевских пальм (*Roystonea regia*), достигающих 40 м в высоту. Более красивых пальм, вероятно, нет на свете!

4 Эйерс Рок (центральная Австралия)

Неотразимая притягательная сила Австралии, «пятого континента», несомненно, связана с его удивительным и совершенно своеобразным животным миром. Правда, большинство туристов могут увидеть кенгуру, коалу, динго, эму, попугаев, змей и прочих редкостных животных разве что в зоопарках Сиднея или Мельбурна. Но кому посчастливится попасть во внутренние районы страны и увидеть всю эту фауну на воле, тот чуть ли не воочию познакомится со 100 миллионами лет истории Земли, в течение которых Австралия была почти полностью отделена океаном от остального мира. В Евразии, Африке и Америке в третичном периоде бурно развились в господствующую группу многочисленные высшие млекопитающие. Австралия же превратилась тогда

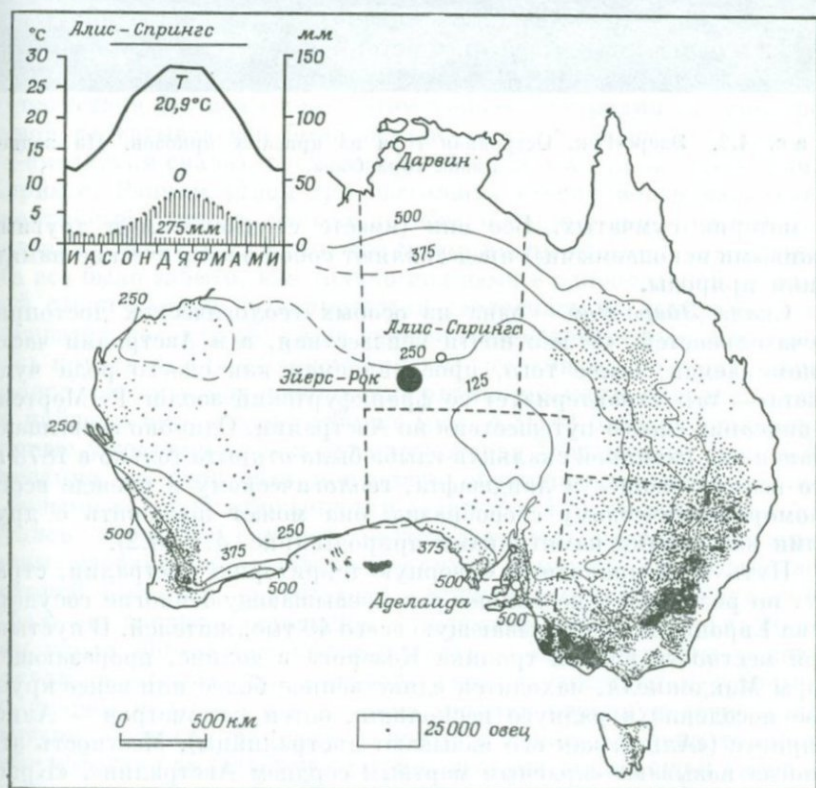
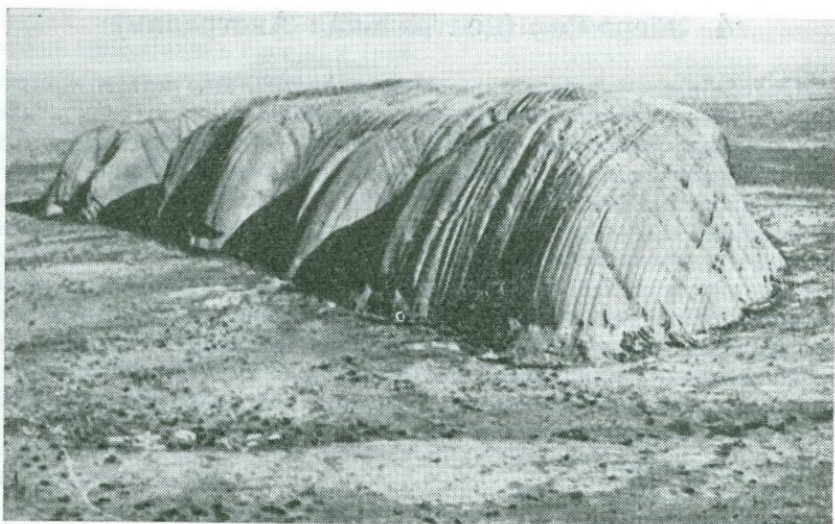


Рис. 4.1. Местоположение скалы Эйерс-Рок и климатодиаграмма. За основу взята карта поголовья овец в Австралии (1 точка — 25 тыс. овец). Карта плотности населения во многих отношениях сходна. Слишком засушливые и слишком жаркие районы для разведения овец не пригодны. На карте нанесены также линии равного количества атмосферных осадков (изогиеты) в миллиметрах.



Р и с. 4.2. Эйерс-Рок. Островная гора из красных аркозов. На заднем плане гора Олга.

в материк сумчатых. Все они (вместе с утконосом и другими «живыми ископаемыми») представляют собой зоологические памятники природы.

Скала *Эйерс-Рок* — одна из особых геологических достопримечательностей. «У нас почти неизвестная, а в Австралии часто упоминаемая, более того, прославляемая как своего рода чудо света» — так характеризует ее франкфуртский зоолог Р. Мертенс в описании своего путешествия по Австралии. Одинокó возвышающаяся над равниной скальная глыба была открыта только в 1873 г. По величественности ландшафта, геологическому и прежде всего геоморфологическому своеобразие она может поспорить с другими известными памятниками природы (рис. 4.1—4.2).

Путь туда приводит в Северную территорию Австралии, страну, по размерам в несколько раз превышающую многие государства Европы, но насчитывающую всего 40 тыс. жителей. В пустынной местности вблизи тропика Козерога в долине, прорезающей горы Макдоннелл, находится единственное более или менее крупное поселение в радиусе нескольких сотен километров — Алис-Спрингс («Алис», как его называют австралийцы). Местность эту иногда называют «красным мертвым сердцем Австралии». «Красное» — это верно, ибо красные почвы, красные пески, красные породы типичны для картины ландшафта во многих местах. Но эпитета «мертвое» по крайней мере геолог не примет, потому что для него ландшафты часто тем оживленнее, чем меньше жизни они обнаруживают. Да и в остальном название, пожалуй, не отражает действительности; наладилось даже скромное обслуживание тури-

стов, столь скромное и порядочное, что оно еще не мешает, но все же создает некоторые удобства для путешественников. Только не пугайтесь, если вдруг ночью совершенно незнакомый вам молодой человек войдет в незапирающуюся дверь комнаты в гостинице, дружелюбно скажет: «Меня зовут Дик, я переночую здесь» и спокойно расположится на второй кровати.

После того как Д. Макдоннеллу в 1862 г. удалось осуществить первое пересечение Австралии с юга на север, Алис-Спрингс приобрел некоторое значение как транспортный узел. Но и сегодня это еще уютный городок с 3500 жителей в почти безлюдной местности. В 1870—1872 гг. отсюда была проложена первая телеграфная линия на юг страны, позднее построили железную дорогу до Аделаиды. Теперь городок, конечно, связан воздушными линиями. Редкое население не кажется странным, если учесть, что за год здесь выпадает менее 300 мм осадков, а средняя годовая температура составляет 22° (январь 28°, июль 12°). Старательская золотодобыча, вспыхнувшая было в прошлом веке, давно прекратилась; лишь местами еще добывают опал. Мои самые интересные путешествия были именно в этом районе Австралии, и, конечно, самой захватывающей была поездка к скале *Эйерс-Рок* («рок» — по-английски скала), расположенной в 320 км юго-западнее Алис-Спрингс. Ранним утром три пассажира втиснулись в маленький спортивный самолет, несколько обеспокоенные тем, что пилотом оказалась женщина, и тем, что мотор никак не хотел заводиться. Но все было забыто, как только под нами в однообразной пустынной степи начали разворачиваться геологические панорамы одна замечательнее другой: то на многие километры непрерывно тянулась крутая куэста из докембрийских песчаников, то взору открывались классические живописные антиклинальные складки, какие не найдешь ни в одном учебнике (рис. 4.3), то беспорядочно изрезанные ущельями глинистые плоскогорья («бедленды») (рис. 4.4); внезапно на горизонте появилась обширная впадина Амадиес с белыми как снег отложениями соли (рис. 4.5), за которой раскинулись поросшие скудной растительностью красные песчаные дюны; изредка мы пролетали над сухой долиной, грунтовых вод которой было все же достаточно, чтобы здесь выросли эвкалипты с белыми, словно привидения, стволами и другие деревья. Наконец вдали показалась красная скала — Эйерс-Рок; мы у цели. Сделав почетный круг над ней, самолет снизился и запрыгал по ухабам маленького аэродрома, подняв огромную тучу пыли. Жгучие лучи солнца падают почти отвесно; на фоне голубого неба эффектно выделяется красная, местами отливающая лиловым цветом скальная глыба. Вкрапленные в ландшафт редкие деревья акации и пучки жесткой травы *Triodia* (австралийцы называют ее «спинифекс») блеклого зеленого цвета еще более оживляют красочную картину.

Словно гигантский валун лежит Эйерс-Рок на бескрайней равнине. Это тоже *островная гора*, хотя и не столь резко выраженная



Р и с. 4.3. Седловидно изогнутые палеозойские слои (девон-ордовик).
Хребет Крайчф между Алис-Спрингс и скалой Эйерс-Рок.



Р и с. 4.4. Изрезанные логами глинистые толщи (бедленды) в районе Алис-Спрингс. В долинах видна скудная растительность.

по форме, как Сахарная голова в Рио, но более выразительная, потому что одиноко возвышается среди равнинного девственного ландшафта, так же как расположенный в 30 км западнее расчлененный скальный массив Маунт-Олга, который отчетливо выделяется на горизонте.

«Крупнейший монолит в мире» — написано о скале в одном из путеводителей. Конечно, это несколько преувеличено. Правда, скала Эйерс-Рок возвышается над равниной на 350 м (абсолютная высота 860 м), а ее окружность достигает 8 км, так что это действительно внушительная гора. Но она отнюдь не монолит, не массивная однородная глыба, а сложена *слоистой* породой — тонко- или грубозернистым, местами конгломератовым аркозом. Аркоз — это песчаник с мелкими галечками полевого шпата. Прежде аркозы Эйерс-Рока и горы Маунт-Олга считали отложениями талых вод ледника пермокарбонового оледенения, о котором речь еще будет впереди. Теперь их относят к раннему палеозою или позднему докембрию. И тем не менее гора Эйерс-Рок, несмотря на слоистость слагающей ее породы, из-за массивной, округлой, почти не расчлененной формы действительно производит впечатление монолита.

Аркозовые слои, слагающие скалу, стоят почти вертикально, простирание их северо-западное. Процессы выветривания, затронувшие, правда, лишь поверхность, придали склонам как бы ребристость; даже на лишенной растительности вершине видны борозды глубиной до 2 м и почти такой же высоты гребни.



Р и с. 4.5. Белоснежные отложения соляного озера во впадине Амадиес восточнее скалы Эйерс-Рок.



Р и с. 4.6. Пластовая отдельность «Хвост кенгуру», параллельная склону скалы Эйерс-Рок.

Крутой наклон слоев образовался очень давно, ненамного позже отложения самих слоев, то есть по крайней мере в палеозое. Но своеобразный контур горы, многочисленные формы микрорельефа, а также красный цвет породы — недавнего происхождения.

Как и другие островные горы теплого климатического пояса, скала вырезана процессами денудации из некогда намного более крупного массива горных пород. Колоколообразная форма горы отнюдь не связана с особенностями слагающей ее породы, это не выход какого-нибудь особенно устойчивого пласта (следовательно, не «твердыш», как другие островные горы или Башня дьявола). В выположенном горном массиве с широкими плоскими долинами постепенно начали формироваться островоподобные возвышенности аналогично тому, как это происходило с «сахарными головами» в Рио-де-Жанейро.

Уже издалека можно заметить, что параллельно форме колокола от горы отделяются мощные скорлуповидные покровы или коры (рис. 4.6). Самый обширный из них носит название «Хвост кенгуру». Толщина его около 2, а длина более 200 м; у подножия горы покров не прилегает к склону, а отделен от него узкой щелью, через которую просвечивает небо. Кроме того, поверхность горы покрыта бесчисленными скорлуповидными отдельностями толщиной около 1 см и площадью в несколько дециметров. Под более устойчивым внешним слоем или покровом часто встречаются небольшие ниши выветривания, носящие название «тафони» (корсиканское наименование аналогичных форм). У подножия горы

под защитой более устойчивого склона нередко образуются пещеры, похожие на формы карста, но здесь они развиты не в известняках, а в силикатных аркозах!

Возможно, некоторые из этих необычных и своеобразных микроформ являются свидетелями прежних, отличных от нынешних климатических условий. Г. Бремер, основываясь на неодинаковом наложении этих форм одна на другую, попытался воссоздать временную последовательность изменений климата. Нарисованная им картина представляется следующей:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1) образование колоколообразной горы | — теплый влажный климат (выветривание с формированием красноцветных латеритов) |
| 2) формирование тафони | — теплый, переменнo-влажный климат |
| 3) образование мелких чешуй | — теплый сухой климат (одновременно образование дюн) |
| 4) формирование железомарганцевых кор | — теплый полусухой климат (зарастание дюн). |

Первую стадию следует относить к раннему третичному времени. Тогда гора Эйерс-Рок, видимо, находилась непосредственно в поясе формирования красноцветных почв, охватывавшем влажные и полусухие тропики и субтропики. Четвертая стадия приходится на современный период.

Предположение о том, что в *третичное время климат* был *влажнее*, чем ныне, подтверждается и другими данными, например своеобразным распространением некоторых растений и животных именно в районе Алис-Спрингс. В «Долине пальм» нагорья Макдоннелл, как это ни странно, растут пальмы (*Livistonia mariae*) и древовидные папоротники (*Encephalartos macdonnelli*), ближайшие родственники которых встречаются на восточном побережье Квинсленда. Это относится также к центральноавстралийской древесной лягушке (*Hyla gilleni*). Видимо, можно предположить, что в более влажном периоде эти ныне столь разобщенные районы распространения фауны и флоры были каким-то образом связаны.

Во всяком случае, эти материалы показывают, что Австралия приобрела особенность быть самым засушливым материком земного шара в сравнительно недавнее время в отличие от Северной Африки, пустынный характер которой сформировался значительно раньше.

Как бы то ни было, выветрелый лик скалы Эйерс-Рок высекал резец не веков, а нескольких десятков миллионов лет.

ЗНАМЕНИТЫЕ ДОЛИНЫ

Долины образуются преимущественно в результате работы текущей воды. Большой каньон Колорадо — одна из величественных речных долин засушливой области, одна из самых больших долин вообще на земле. Общую картину долины, равно как ее происхождение, легко себе представить. Вместе с тем она, словно листы в книге, открывает большую часть истории нашей планеты; здесь обнажаются толщи пород от докембрия до триаса.

Йосемитская долина U-образной формой своего поперечного профиля наглядно отражает работу речной эрозии и выпаживание древними ледниками ложа долины. Многочисленные водопады возникли в результате переуглубления главной долины относительно долин боковых притоков. Врезана она в однородную по типу породу — светлый трещиноватый гранит.

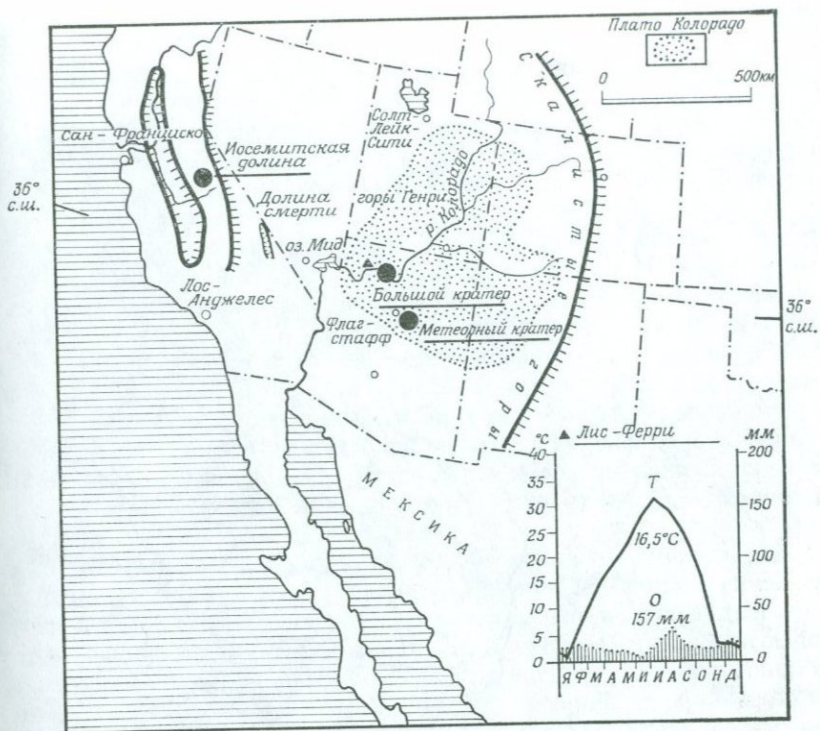
5. Большой каньон Колорадо (Аризона)

Среди бесчисленных долин земного шара Большой каньон реки Колорадо (рис. 5.1), вероятно, наиболее известный и, несомненно, *одна из самых больших геологических достопримечательностей* не только по своим гигантским размерам и красочности, но и по простоте своего образования. Каньон — всего лишь результат работы реки, врезавшейся в горизонтально залегающие слои; вся долина открывается взору словно одно гигантское обнажение, столь простое по своему строению, что оно понятно даже для неспециалиста.

Большой каньон (рис. 5.2—5.4) открыт в 1520 г. испанцем Гарсия Лопес де Карденас, но оставался неизвестным до 1869 г., когда майор американской армии Дж. Пауэлл — одорукий ветеран гражданской войны, позднее президент Геологической службы США — предпринял свою смелую экспедицию. В сопровождении 9 человек на 4 лодках он отправился из Вайоминга сначала по реке Грин-Ривер (один из притоков Колорадо), а затем проплыл по Колорадо от верховьев до устья. Опасное путешествие по совершенно неизвестной бурной реке длилось 3 месяца. Три человека из команды Пауэлла, не выдержав трудностей и лишений плавания, покинули его, но именно они были вскоре убиты в стычке с индейцами.

Часть каньона ныне отведена под национальный парк штата Аризона, а это значит, что здесь есть несколько музеев, отели и даже небольшой аэродром. Ежегодно парк посещают около 2 млн. человек.

Испанское название 2900-километровой реки (колорадо значит «красная») связано с красноватым цветом воды, содержащей много ила. Река берет начало в Скалистых горах недалеко от Ден-



Р и с. 5.1. Плато Колорадо и Большой каньон Колорадо. Показаны также местоположение Йосемитской долины и метеорный кратер Аризоны. Внизу справа — климадиаграмма для Аризоны.

вера, в ущельеобразной долине пересекает обширное засушливое плато Колорадо и впадает в Калифорнийский залив.

Плато Колорадо, в которое врезан Большой каньон, простирается на север почти до города Солт-Лейк-Сити, а на юг приблизительно до Финикса (это около 800 км!). С геологической и географической точек зрения плато представляет необычный район Северной Америки. К. Хант выделяет следующие его особенности:

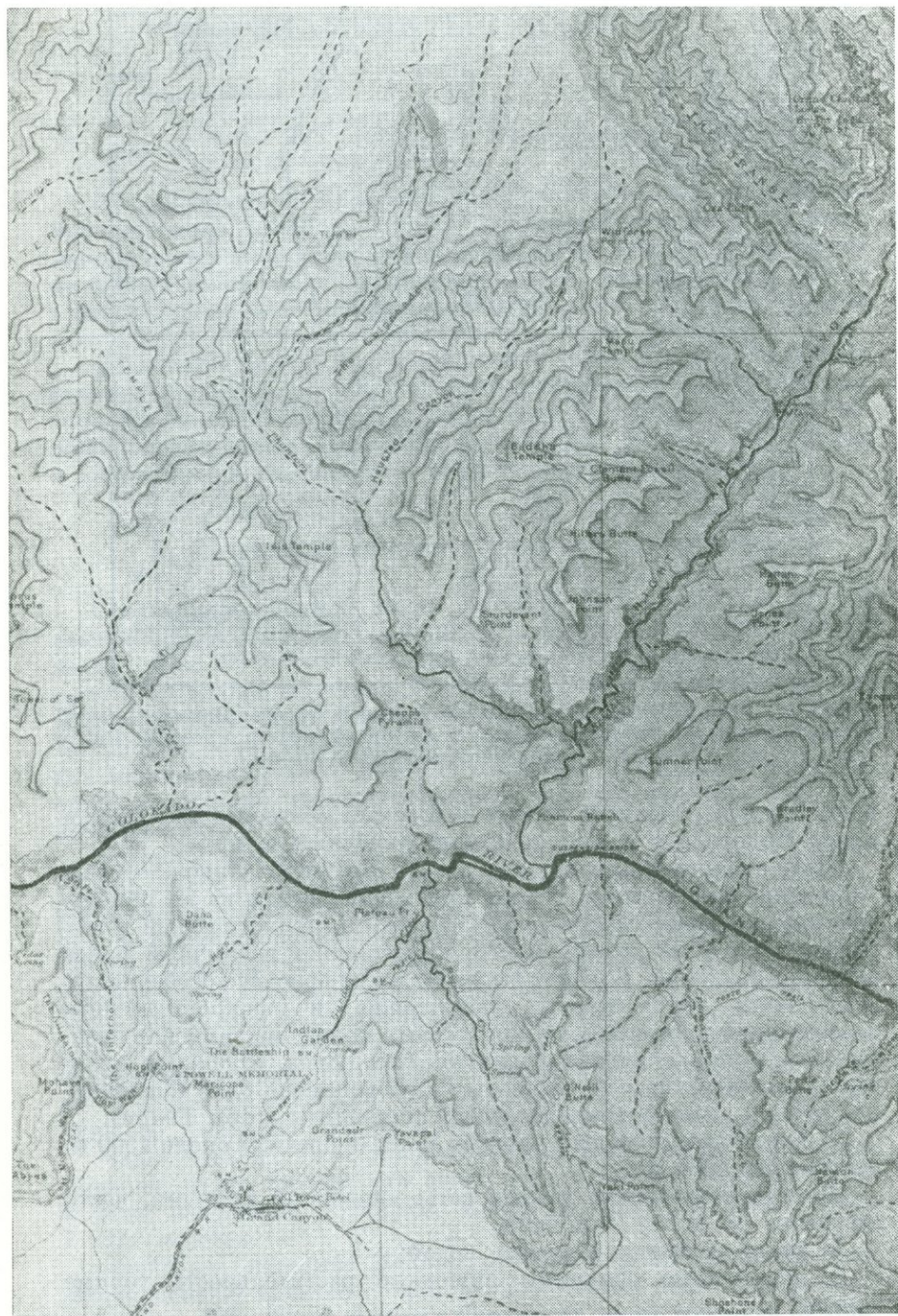
1) почти горизонтально залегающие и распространенные на обширной площади толщи осадочных пород, местами нарушенные сбросами; локальные поднятия этих пород, отдельные молодые вулканические районы (горы Сан-Франциско близ Флагстаффа) и горы, представляющие собой лакколиты (горы Генри);

2) большая высота над уровнем моря (в среднем около 1500 м, местами до 3000 м);

3) глубоковрезанная речная сеть; каньоны с крутыми, часто пестрыми по цвету склонами;

4) сухой климат и бедность водой;

5) повсеместно обнажены лишенные растительности горные породы;



6) редкая растительность и редкое (около 500 тыс. жителей) население;

7) красочные и необыкновенно разнообразные пустынные ландшафты.

Этого краткого перечня природных особенностей достаточно, чтобы понять, почему в этой живописнейшей части Соединенных штатов сосредоточено более десятка национальных парков и национальных памятников природы.

Большой каньон достигает 350 км в длину, свыше 1500 м в глубину и в верхней части более 30 км в ширину. Между прочим, испанское слово «каньон», под которым теперь обычно понимают большую крутостенную ущельеобразную долину, означает «труба». Если спуститься к самой реке Колорадо, пропилившей этот каньон, то можно увидеть лишь небольшой участок края ущелья. Г. Клоос очень образно сказал о каньоне, что это «перевернутая гора». Действительно, если представить себе ущелье перевернутым в виде возвышенности, то получится внушительный хребет, по высоте не уступающий Исполиновым горам (горы Крконоше), но в 7 раз превышающий их в длину.

То, что эрозия реки действительно могла выработать такую гигантскую долину, легко доказать. Замеры на гидрологической станции в низовьях Колорадо показали, что в половодье река может за *одни сутки* вынести около 2 млн. т ила. В среднем за 50 лет суточную транспортировку ила рекой следует принять равной 550 тыс. т. К этому огромному количеству материала, переносимого в виде взвеси, следует добавить еще 20% гальки, транспортируемой перекачиванием по дну, а также химически растворенные вещества (обычно карбонат кальция).

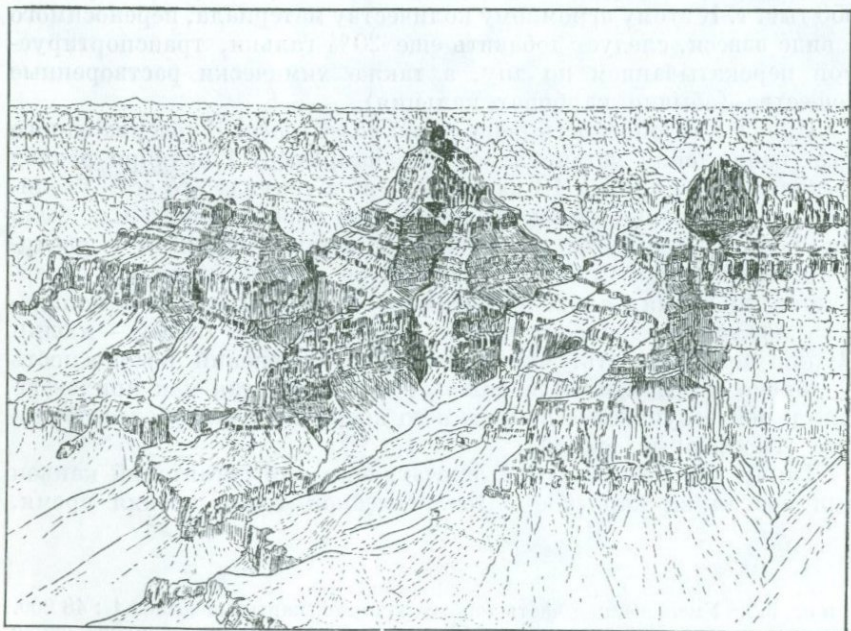
Правда, водоносность реки резко *колеблется*. В течение одного года наблюдений установлено, что, например, 1 октября расход составил только 86, а 13 июня 3720 м³ в секунду, то есть увеличился в 43 раза! Разница в количестве перенесенного ила была еще больше: 1 октября — 500 т, а 13 июня — 2 млн. т — увеличение в 4000 раз! Основная эрозионная работа, очевидно, совершается во время половодий. Больше половины годового количества ила река переносит за два летних месяца (июнь — июль). Нужно предполагать, что в периоды оледенений водоносность Колорадо в среднем была больше, чем ныне, так как прилегающие к ней засушливые районы в то время получали более обильные атмосферные осадки.

Таким образом создается впечатление, что гигантский каньон был создан за короткое с геологической точки зрения время.

Р и с. 5.2. Уменьшенная часть топографической карты масштаба 1 : 48 000. Расстояние между горизонталями 50 футов. Общая ширина каньона около 15 км. Особенно резко выделяется его южный край. Падение реки на протяжении 6,3 км превышает 1300 м. Долину пересекает одна-единственная тропа.



Р и с. 5.3. Вид на Большой каньон с его южного борта. Венчают разрез пермские известняки Кайбаб.



Р и с. 5.4. Один из замечательных рисунков К. Даттона (1880 г.) «Храм Вишну».



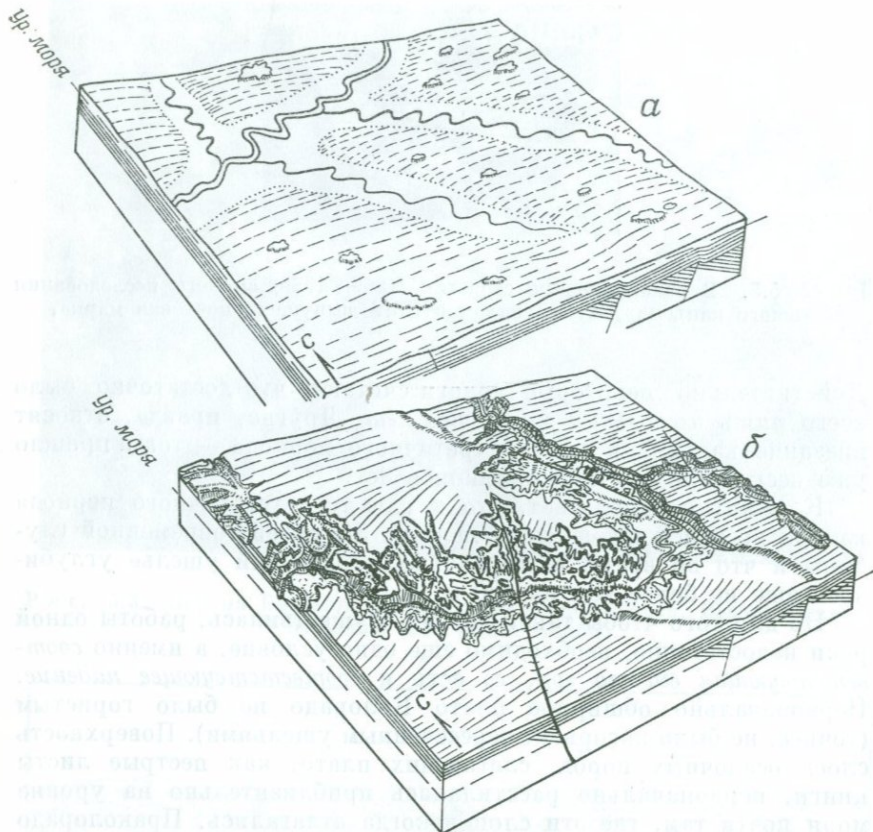
Р и с. 5.5. В ознаменование столетия (1869—1969) смелого исследования Большого каньона Дж. Пауэллом в США выпущена почтовая марка.

Действительно, некоторые геологи считают, что достаточно было всего лишь *нескольких миллионов лет*. Другие, правда, относят врезание каньона к началу третичного периода — тогда прошло уже несколько десятков миллионов лет.

К. Хант предполагает, что к началу четвертичного периода каньон врезался по меньшей мере на $\frac{3}{4}$ своей современной глубины и что во время четвертичных оледенений ущелье углубилось еще не более чем на 430 м.

Но для того чтобы такая эрозия осуществилась, работы одной реки недостаточно, необходимо еще одно условие, а именно *соответствующая высота гор*, то есть и *соответствующее падение*. Первоначально обширное плато Колорадо не было гористым (точнее, не было нагорьем, пересеченным ущельями). Поверхность слоев осадочных пород, слагающих плато, как пестрые листы книги, первоначально расстилалась приблизительно на уровне моря почти там, где эти слои некогда отлагались. Праколорадо и другие реки пересекали это низкое плато в неправильных больших меандрах, какие мы сегодня видим у рек низменностей (рис. 5.6). Решающее, или, лучше сказать, «врезающее», значение имело постепенное поднятие плато тектоническими силами, начавшееся в третичном периоде. Река не могла оставаться к этому безучастной и врезалась в плато, как вгрызается циркулярная пила в бревно, которое подводят к ней снизу. Меандры углублялись все больше и больше. Необычайно эффектно эта стадия врезания реки отражена в живописных «Goosenecks» («гусиных шеях») — петлях долины реки Сан-Хуан, притока Колорадо (рис. 5.7). При этом меандры частично приспособивались к структурам коренных пород. Теперь поверхность плато находится на высоте 1500—3000 м. Стало быть, большую часть поднятия река компенсировала, врезавшись в плато, но только именно большую часть, а не всю величину поднятия. Об этом свидетельствуют пороги и стремнины Колорадо, а также ее продольный профиль: он намного круче, чем у большинства крупных рек вблизи их устьев.

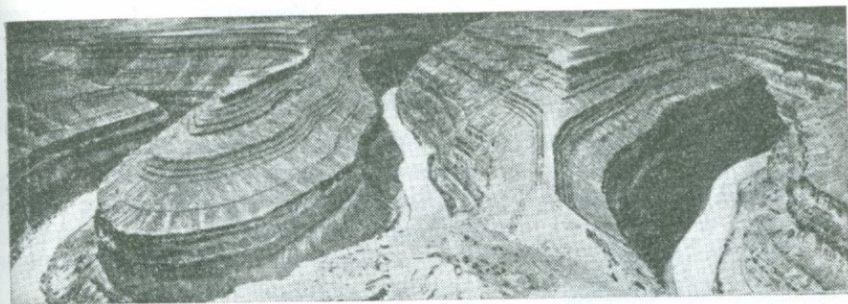
Однако своеобразие Большого каньона и его лишенного растительности, но необыкновенно живописного ландшафта объясняется



Р и с. 5.6. Блок-диаграмма плато Колорадо.

a — несколько миллионов лет назад плато Колорадо лишь немного возвышалось над уровнем моря; Колорадо представляла собой меандрирующую равнинную реку; *б* — одновременно с постепенным поднятием плато на несколько тысяч метров русло реки сместилось к югу, местами следуя падению слоев и тектоническим нарушениям; затем река врезала современный глубокий каньон.

работой не только глубиной, а и боковой эрозии, его ступенчатым поперечным профилем. В этом разрушении склонов каньона в течение многих миллионов лет участвовали различные геологические процессы, прежде всего выветривание (обусловленное главным образом непрерывным резким колебанием температуры), которому способствовала вертикальная трещиноватость пластов осадочных пород. Боковые временные водотоки, ветер и действие силы тяжести переносили образовавшиеся обломки вниз. Так в слоях были постепенно вырезаны бесчисленные уступы, причем верхние края долины все более и более отступали от русла реки. Формирования равномерно покатых склонов с мощным чехлом обломочных отложений, столь характерных для влажного умеренного климата наших широт, здесь не происходило. Видимо,



Р и с. 5.7. Необычайно эффектные глубоко врезанные меандры реки Сан-Хуан, бокового притока Колорадо («гусиные шеи»).

ступенчатое строение склонов вызвано частым чередованием разнообразных слоев и засушливым климатом.

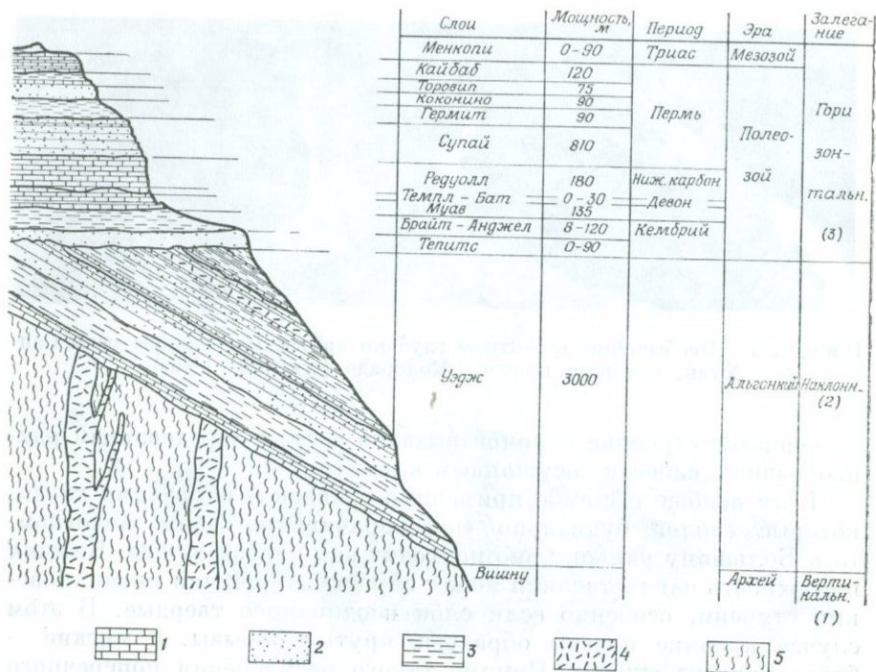
Если вообще где-либо применимо сравнение с *листами книги*, которые геолог буквально «переворачивает» своим молотком, то к Большому каньону оно подходит как нельзя лучше. Каждая поверхность напластования может служить причиной возникновения ступени, особенно если слои неодинаково твердые. В этом случае крепкие пласты образуют крутые обрывы, а мягкие — более пологие откосы. Помимо такого расчленения поперечного профиля долины происходит расчленение склонов в вертикальной плоскости, которое создает многочисленные выступы, башенки и пики.

В почти 2-километровом поперечном разрезе каньона вскрыто действительно *пестрое чередование слоев*, ибо верхние пласты его большей частью окрашены в красный цвет. Эти пестрые, совершенно горизонтальные слои прежде всего бросаются в глаза. Но внизу, ближе к дну ущелья, обнажаются совершенно иные, крутозалегающие слои, а под ними — даже вертикальные пласты, прорванные гранитными интрузиями (рис. 5.8).

Таким образом, в разрезе сверху вниз прослеживается следующая смена слоев:

- 3) горизонтально залегающие слои,
- 2) наклонно залегающие пласты,
- 1) вертикальные слои.

Особенно резко в ландшафтном профиле выделяется граница между 2 и 3 сериями слоев; она образует отчетливый уступ, ниже которого ущелье (в слоях 2 и 1) становится значительно уже. Серия слоев 1 — самая древняя. Называют ее «серией Вишну» и относят к архею. Залегающая над ней толща, сохранившаяся в виде огромного клина («wedge»), носит название «серии Уэдж 2». Она также очень древняя, относится к альгонкию, то есть к самому позднему докембрию. Серия 2 мощностью свыше 1000 м преимущественно палеозойская, и только самые верхние слои ее имеют



Р и с. 5.8. Геологический разрез борта Большого каньона. Отчетливо выделяется несогласное залегание пород альгонкия на архейских породах и палеозойских отложениях на альгонкии.

1 — известняки; 2 — песчаники; 3 — сланцы; 4 — граниты и подобные им породы; 5 — кристаллические сланцы.

мезозойский возраст. Слои серий 1 и 2 испытали тектонические движения, вызвавшие наклон пластов. Вся верхняя серия (3) тектоническими движениями не затронута — этим объясняется горизонтальное залегание составляющих ее слоев. Такое залегание одной серии пластов на другой называется несогласным и свидетельствует о проявлении фазы тектонических движений. Прекрасный пример несогласного залегания мы видим в Большом каньоне. Последнее большое тектоническое нарушение, очевидно, моложе серии 2 и древнее серии 3; таким образом, по времени оно приходится на границу докембрия и палеозоя. Но между сериями 1 и 2 также выделяется несогласие.

Разрез палеозойско-мезозойских пород серии 3 показан на рис. 5.8. Большая часть их представлена морскими отложениями.

Отдельные пласты серий прослеживаются в бортах ущелья на большое расстояние. Особенно заметными *руководящими горизонтами* являются каменноугольно-пермская формация Супай (красные косослоистые песчаники и сланцы мощностью 150 м, со следами ползания животных), белый до желтоватого песчаник

Кокониню мощностью 120 м, представляющий собой дюны пермской пустыни, и белый морского происхождения пермский известняк Кайбаб мощностью 100 м, содержащий обильную ископаемую фауну.

Интересно отметить, что уже в палеозое и во время отложения пород триасовой формации Менкопи по крайней мере периодически господствовал *сравнительно сухой климат*, приблизительно такой же, как ныне (об этом свидетельствуют красные и бурые песчаники и гипсоносные сланцы мощностью 200 м).

Красота и девственность природы Большого каньона, как и других национальных парков плато Колорадо, в немалой степени обязаны сухому, мало пригодному для жизни людей климату. Хант справедливо отмечает, что в этом случае засушливость оказалась «положительным фактором». При описании метеоритного кратера в Аризоне мы еще вернемся к этой особенности плато Колорадо и его геологическим достопримечательностям.

Озеро Мид

Ниже по течению величественный природный ландшафт Большого каньона сменяется не менее величественным, но созданным рукой человека ландшафтом. Там, где река Колорадо покидает плато Колорадо и вступает в равнинную местность, теперь расстилается гигантское искусственное озеро Мид. Подпруженное огромной, высотой 223 м, плотиной Гувер (Боулдер)-Дам, оно протягивается на 150 км. Большая часть ила, приносимого рекой, осаждается в этом озере. Из-за этого на дне озера, несмотря на его небольшой уклон, иногда возникают мутьевые потоки, которые нередко докатываются до самой плотины. Можно предполагать, что такие *мутьевые*, или *супензионные*, потоки возникают и в море; конечно, никто их там непосредственно не видел, известны только определенные древние отложения, которые, как показали исследования голландского геолога Ф. Кюнена, очевидно, образовались именно таким способом; такие отложения обнаружены, например, во «флише» Альп и в палеозойских граувакках Германского Среднегорья. Большое значение для распознавания осадков мутьевых потоков имели наблюдения, сделанные в озере Мид.

Как это ни странно, озеро Мид привлекло внимание также ученых, занимающихся изучением землетрясений. Дело в том, что чуть ли не одновременно с заполнением озера (1935 г.) здесь начались первые землетрясения. Первое землетрясение зарегистрировано в 1936 г., когда глубина воды достигла 100 м. В 1937 г. отмечено уже более 100 землетрясений (рис. 5.9). В 1938 г. были установлены очень чувствительные сейсмографы, которые зафиксировали уже тысячи, правда, очень слабых сотрясений. Максимальная сейсмическая активность зарегистрирована в мае 1939 г., через 9—10 месяцев после окончательного заполнения водоема (глубина его достигла 145 м). Дальнейшие землетрясения проис-

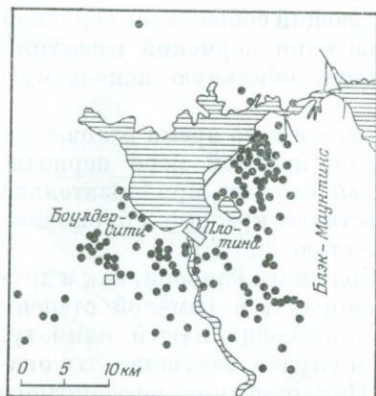


Рис. 5.9. Центры землетрясений в районе озера Мид после заполнения водохранилища (с июня 1942 г. по декабрь 1944 г.).

ходили в тех случаях, когда чаша водохранилища временами переполнялась.

В докембрийских породах этого района геологам известны многочисленные сбросы. Дж. Кердер предполагает, что огромное давление подпруженной воды (35 млрд. т!) вызвало оживление этих очень древних и длительное время не проявлявших активности зон разломов. Сенсационный заголовок: «Наполни озеро — вызовешь землетрясение», которым редакция американского журнала «New Scientist» снабдила (1967 г.) статью известного сейсмолога Дж. Роте (правда, не согласовав это с автором), для озера Мид подходит очень точно; к счастью, такой прогноз оправдывается лишь в очень немногих других случаях.

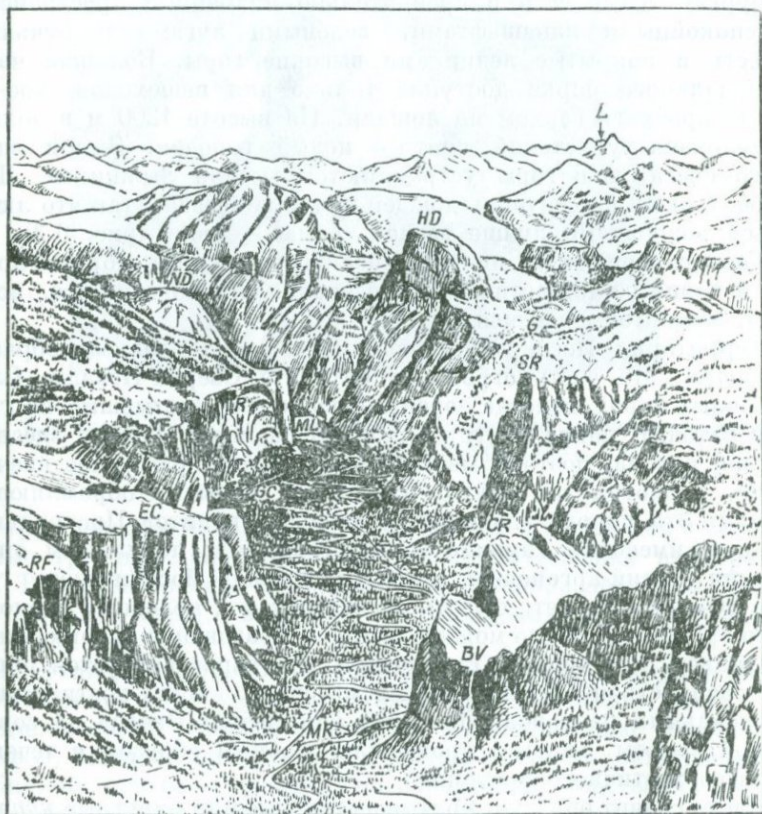
6. Йосемитская долина (Калифорния)

(Местоположение см. рис. 5.1)

«The Incomparable Valley» — «несравненной долиной» называют в Калифорнии Йосемитскую долину. По красоте своих ландшафтов и геологическим достопримечательностям она не уступает долине-каньону Колорадо, а по числу посетителей даже превосходит ее. Но характер геологического строения здесь совершенно иной.

Йосемитский национальный парк, часть которого составляет долина, расположен ближе к американским городам-гигантам, чем все остальные заповедные территории: от Сан-Франциско парк отделяют все же 340 км. Долина находится в высоких горах, носящих название *Сьерра-Невада*. Высочайшая их вершина, гора Уитни (4418 м) — самая высокая в США за пределами Аляски. Западный склон Сьерра-Невады пологий и лесистый: сюда еще доходят западные ветры с Тихого океана, приносящие осадки. С их обилием связаны мощный снежный покров зимой и отдельные каровые ледники в горах, испанское название которых означает «заснеженные горы». Крутой восточный склон значительно засушливее и образует уже переходную зону к местами пустынным ландшафтам Большого бассейна.

В настоящее время Йосемитскую долину ежегодно осматривают почти 2,5 млн. туристов, но первый белый увидел ее, вероятно, только в 1833 г. Запад Америки, «дикий запад», заселен белыми сравнительно поздно. Собственно открытие долины произошло лишь в 1852 г., когда американский батальон во время военных действий с индейцами достиг этих мест. Тогда же было дано название долине, по которой течет река Мерсед; на языке индейцев южного племени мивок оно означает «медведь гризли». Солдат поразил высокие крутые склоны долины, величественные водопады и гигантские мамонтовые деревья. Уже в те годы были приняты некоторые меры к охране природы долины. Много сделал для этого Г. Грили, основатель газеты «New York Tribune». Уже в 1864 г. президент США А. Линкольн подписал декрет об охране долины. Это было историческим событием, так как впервые в мире



Р и с. 6.1. Обзорная картина Йосемитской долины.

BV — водопад Брайделвейл; CR — скала Катедрал-Рокс; EC — скала Эль-Капитан; G — скала Глейшер-Пойнт; GC — управление парка; HD — скала Хаф-Дом; L — гора Маунт-Лайель (3997 м); ML — озеро Миррор-Лейк; MR — река Мерсед-Ривер; ND — скала Норт-Дом; R — скала Ройал-Арчез; RF — водопад Риббон; SR — скала Сентинел-Рок; YF — Йосемитский водопад.



Рис. 6.2. Климатическая диаграмма Йосемитской долины.

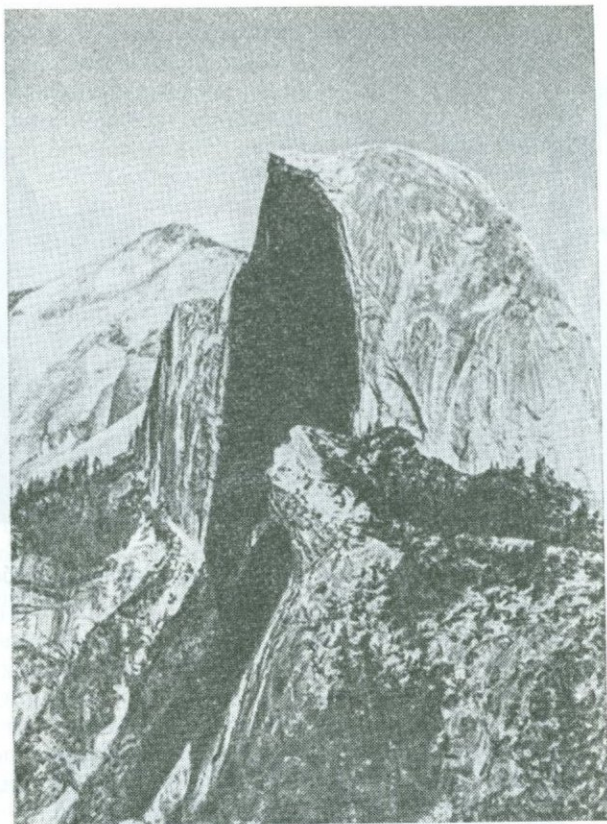
обширная территория была объявлена заповедной. В 1890 г. здесь был организован национальный парк.

Йосемитский национальный парк имеет площадь приблизительно $50 \times 70 \text{ км} \approx 3000 \text{ км}^2$ (это больше, чем территория Люксембурга). Здесь есть и сравнительно низменные пространства со спокойными ландшафтами, зелеными лугами и ручьями, но есть и покрытые ледниками высокие горы. Большая часть национального парка доступна только для пешеходов, кое-где можно проехать верхом на лошади. На высоте 1200 м в долине расположен туристский центр — целый городок. Зимой здесь много снега, и в горы устремляются тысячи лыжников. Лето сухое, с июня по сентябрь дождей почти не бывает, так что любоваться водопадами лучше весной, в мае — июне (рис. 6.2).

Геолога привлекут многие особенности долины: горные породы, история ее четвертичного оледенения и, конечно же, водопады, мамонтовы деревья.

Территория Йосемитской долины сложена главным образом *гранитом*; это часть огромного батолита Сьерра-Невады. Слои осадочных пород, некогда перекрывавшие этот застывший на глубине батолит, давно почти полностью размыты. Гранит здесь — светлая порода, поэтому местность производит радостное впечатление, несмотря на крутые скалистые обрывы, обрамляющие долину. Эта порода значительно моложе гранитов Центральной Европы, имеющих каменноугольный возраст; по данным определения калий-аргоновым методом, возраст йосемитского гранита 80—90 млн. лет, то есть он относится к меловому периоду. В это время произошло мощное складкообразование американских Кордильер. Эта система складчатых гор характеризуется широким распространением гранитных массивов, иногда достигающих колоссальных размеров. Поднятие гор Сьерра-Невада до современной высоты, видимо, произошло главным образом в течение позднего третичного времени.

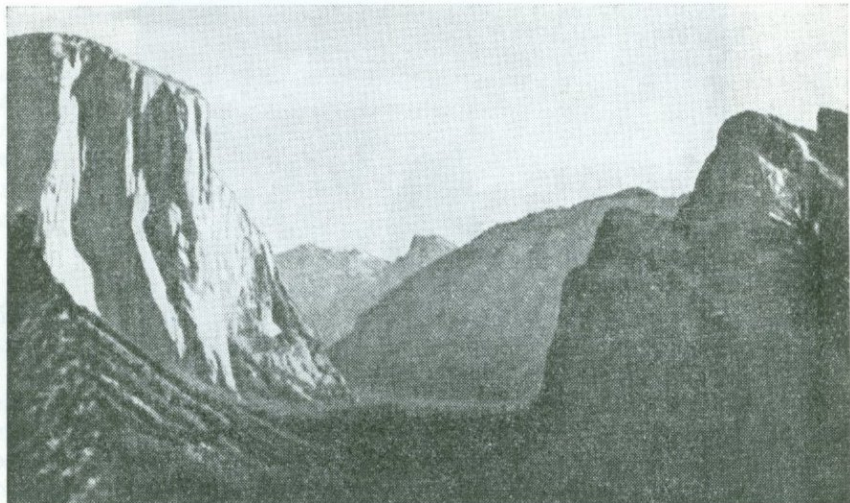
Часто гранит образует крутые вытянутые или округлые *купола*. Выветривание и процессы денудации следуют здесь трещиноватости, которая напоминает луковицу в разрезе. Величественно возвышается над долиной, например, купол Эль-Капитан (900 м относительной высоты). Однако нередко встречается и вертикаль-



Р и с. 6.3. Скала Халф-Дом — наполовину срезанный ледником гранитный купол; вид со скалы Глейшер-Пойнт.

ная трещиноватость. Гранит в этом случае пронизывают бесчисленные трещины, служащие путями проникновения выветривания. Так образовалась отвесная стена своеобразной горы Халф-Дом («полукупол»), имеющей вид опрокинутого полушария (рис. 6.3).

С вертикальной трещиноватостью связаны также крутые обрывистые склоны в верховьях Йосемитской долины (рис. 6.4). Трещиноватость, способствовавшая возникновению скалистых обрывов, была «заложена» очень давно, во время затвердевания глубинной породы — гранита, но образование собственно скалистых стен связано с другим геологическим фактором — работой ледников. Ныне граница вечных снегов в горах Сьерра-Невада проходит на высоте несколько более 4000 м, но в период четвертичного оледенения в северо-западной Калифорнии снежные поля спускались до отметки 2000 м. Все горы были тогда покрыты



Р и с. 6.4. Вид на Йосемитскую долину; почти вертикальные борта долины — следствие вертикальной трещиноватости гранита и ледниковой экзарации.



Р и с. 6.5. Йосемитская долина к концу последнего оледенения. Долинный ледник спускался ниже современного водопада Брайделвейл (временами мощность ледника увеличивалась настолько, что он достигал края плоскогорья!).

льдом, а языки отдельных ледников сползали по долинам далеко вниз, в частности по долине реки Мерсед. Йосемитский ледник выпахал современную U-образную долину так же, как выпахивали свои долины ледники в Альпах (рис. 6.5).

Отступление последнего ледника произошло не более 10 тыс. лет назад. По обе стороны шоссе еще видны плоские валы из крупных валунов, нагроможденные ледником и отмечающие границу максимального продвижения языка ледника того времени. Легко обнаружить также следы более древнего четвертичного оледенения, возраст которого оценивается в 1—2 млн. лет.

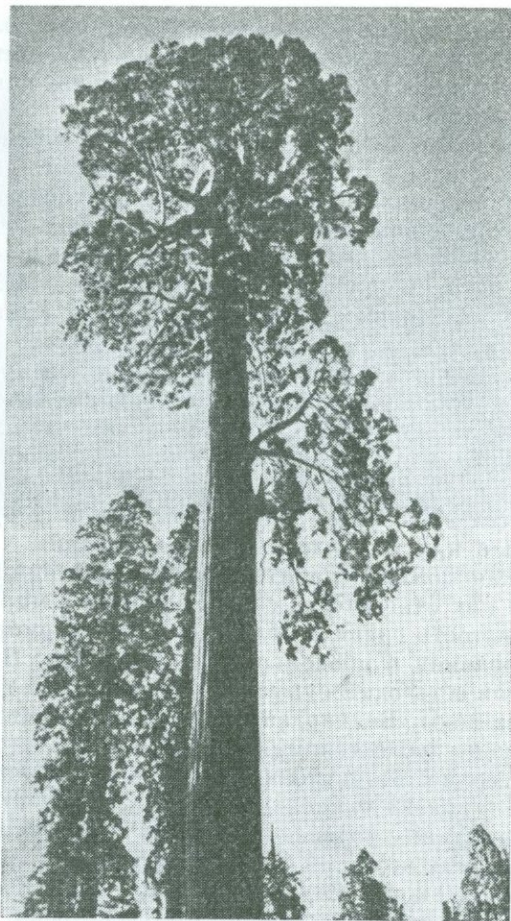
Особенно характерным признаком глубоко выпаханных ледниковых долин, трогов, являются *висячие боковые долины*. Врезание боковых речек не поспевало за глубинной эрозией в главной долине, поэтому их долинки часто открываются в главную долину на высоте нескольких сотен метров над ее ложем. Такие висячие долины в Альпах встречаются повсеместно, есть они и в Йосемитской долине. Совершенно ясно, что таким путем могут возникать *высокие водопады*, когда воды боковых ручьев и речек низвергаются с крутых склонов главной долины.

Йосемитская долина славится своими высокими водопадами, некоторые из них относятся к самым высоким в мире. Вертикальная трещиноватость гранита облегчает здесь формирование почти отвесных переломов в продольном профиле рек. Правда, у всех этих водопадов есть один существенный недостаток — часть года они почти без воды. Великолепием водопадов лучше всего любоваться весной, после таяния снегов.

Самые высокие йосемитские водопады находятся там, где воды Верхнего водопада низвергаются с высоты 430 м, образуют далее целую лестницу водопадов высотой 203 м и, наконец, обрушиваются в долину пенистой стеной высотой 96 м. По своей общей высоте почти в 730 м они уступают только водопаду Анхель в Венесуэле. Водопады Сентинел, Риббон, Сильверстренд, Бройделвейл, Невада, Кескейд и Иллилуэт дополняют список водопадов Йосемитской долины высотой более 100 м.

Мамонтовы деревья

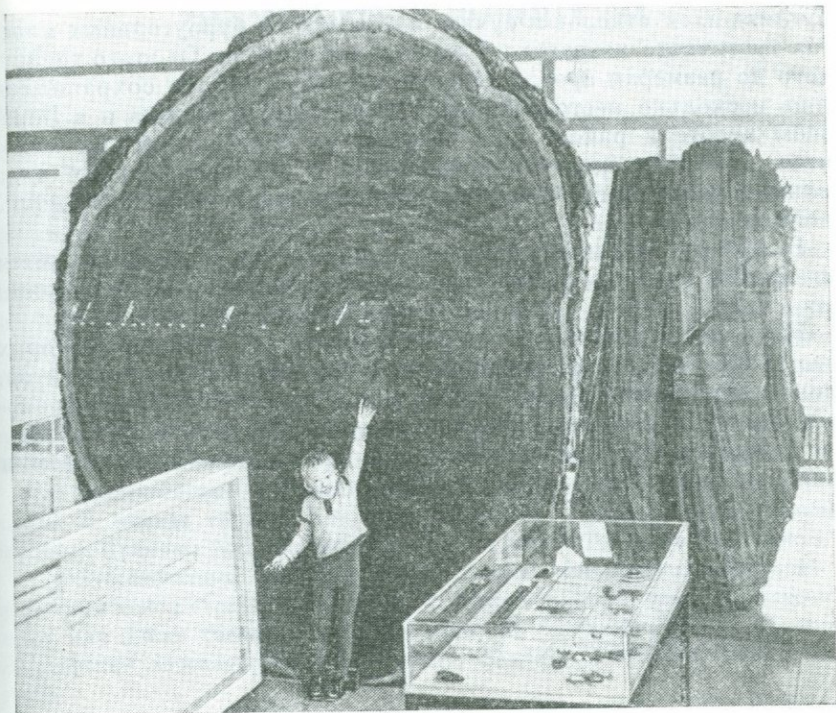
Если вы окажетесь в Йосемитской долине, не забудьте осмотреть один из самых известных видов деревьев на земле — гигантское *мамонтово дерево*, *Sequoiadendron giganteum* (или *Sequoia gigantea*). Недалеко от южного входа в Йосемитский парк растет несколько таких деревьев и среди них одно очень старое, возможно 3000-летнее «Grizzly Giant» («Гризли-Гигант»), высотой 63 м. Диаметр его у основания достигает почти 7,5 м. В горах Сьерра-Невада есть еще несколько мест, где растет это дерево, например в национальном парке Секвойя, но это единственные немногие районы земного шара, где гигантское мамонтово дерево еще встречается в его естественном местообитании (рис. 6.6).



Р и с. 6.6. Мамонтово дерево в горах Сьерра-Невада.

Видовое название *giganteum* для мамонтова дерева Сьерра-Невады действительно оправдано. Оно достигает высоты 100 м, а диаметр его ствола иногда превышает 14 м.

Помимо *Sequoiadendron giganteum*, существует еще второй, похожий вид, также встречающийся только в самой западной части США, правда, в условиях более мягкого климата Берегового хребта близ Сан-Франциско, между 36 и 43° с. ш. Это береговая секвойя, *Sequoia sempervirens*, «вечнозеленое» мамонтово дерево. Тем, кто окажется в Сан-Франциско, настоятельно советуется посетить одно из недалеко расположенных местообитаний этого вида (леса Мюир-Вудс, по ту сторону моста Голден-Гейт. Обозначение этого вида как «вечнозеленого» неудачно, так как гигантское мамонтово дерево *тоже* вечнозеленое. Дело в том,



Р и с. 6.7. Срез ствола 1400-летнего мамонтова дерева из Калифорнии в Музее палеоклиматов Геологического института в Кёльне (масштаб: А. Кемпф младший).

что сначала были известны только береговая секвойя и ее дальние родственники во Флориде и у Мексиканского залива, так называемые болотные кипарисы (*Taxodium*), а последние действительно не вечнозеленые, то есть относятся к другому виду. Береговую секвойю из-за розового цвета ее очень твердой древесины называют также «красным деревом».

Родовое обозначение *Sequoia* напоминает об индейце, носившем это имя, который изобрел азбуку для языка племени чироки.

Гигантское мамонтовое дерево прекрасно растет и в условиях климата Центральной Европы, например, в Западной Германии, но местами его можно встретить даже в Норвегии. Своей стройной конусовидной формой оно резко выделяется среди других деревьев. Но все экземпляры Европы не старше 100—110 лет, так как первые семена были завезены сюда только в 1853 г.

Обе секвойи — классические примеры *живых ископаемых*, то есть организмов, которые должны были бы встречаться только в окаменевшем виде. В третичном периоде мамонтовые деревья были распространены во всем северном полушарии, и в виде

обуглившихся стволов и сучьев их находят в буроугольных пластах третичного возраста в Центральной Европе. От этого гигантского по размерам ареала по неизвестным причинам сохранились лишь несколько местообитаний в горах Сьерра-Невада и в Береговом хребте в районе Сан-Франциско. Видимо, секвойи находятся на грани полного вымирания, и оба современных вида являются последними представителями некогда обширной группы хвойных.

В музее Геологического института в Кёльне экспонируется гигантский срез мамонтова дерева, доставленный из Калифорнии (рис. 6.7).

Ночь, проведенная в рубленой хижине, затерявшейся в горах Сьерра-Невада среди необъятных стволов деревьев-гигантов, словно привидения протянувших ветви к звездному небу, произвела на меня неизгладимое впечатление. Растеньице, выращенное из привезенного мною семени, поднялось уже на 15 см из земли (пока это еще далеко не «мамонтово дерево»).

ЗНАМЕНИТЫЕ ВОДОПАДЫ

Водопады — живописные и впечатляющие, нередко грандиозные геологические явления, неизменно привлекающие туристов. Большое значение могут они иметь и как источники гидроэлектроэнергии. Существование водопадов указывает на переломы в продольном профиле рек и часто свидетельствует о том, что река не очень старая. Большинство водопадов отступают, перемещаясь все дальше вверх по течению реки (регрессивная эрозия); это деструктивные (разрушающие) водопады. Другие водопады, ложе верхнего бьефа которых сложенное известковым туфом, откладываемым самой рекой, постепенно перемещается вперед, вниз по течению реки; это конструктивные (созидающие) водопады. Деструктивные водопады подразделяют на:

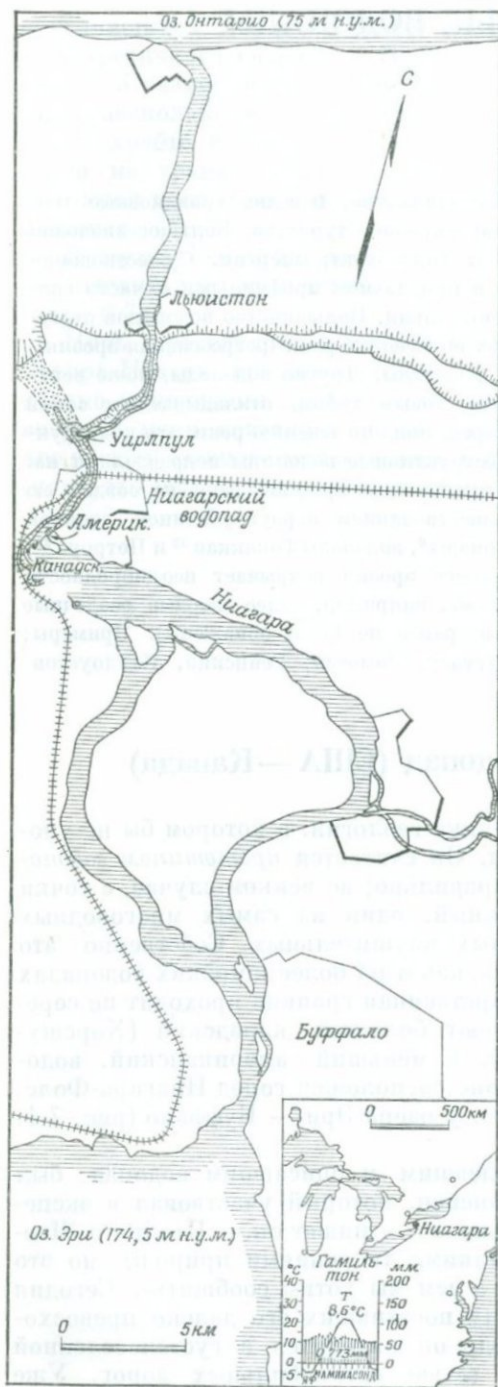
1) консеквентные (перелом в продольном профиле реки не создан ею самой, а вызван сбросом или существованием переуглубленной главной долины). Примеры: йосемитские водопады⁶, водопады Токаккав³³ и Петроуз²²;

2) субсеквентные (река в процессе эрозии вскрывает неоднородности в геологическом строении своего ложа, например, более твердые осадочные слои или дайки базальта, которые ранее не были обнажены). Примеры: Ниагарский водопад, водопады Игуасу, Замбези, Рейнский, Йеллоустонский.

7. Ниагарский водопад (США — Канада)

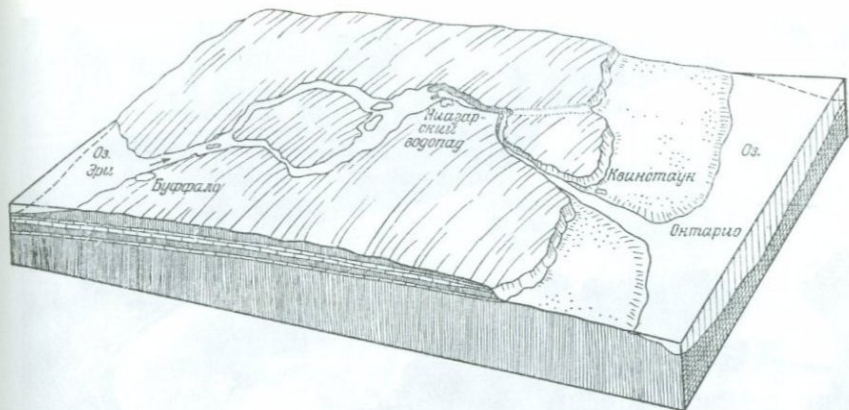
Вероятно, нет такого учебника геологии, в котором бы не упоминался Ниагарский водопад. Он считается *прототипом водопадов*, что, правда, не совсем правильно; во всяком случае, с точки зрения геолога, он не сложный, один из самых многоводных и уже поэтому один из самых внушительных. Собственно, это не один, а два водопада. Здесь, как и на более широких водопадах Игуасу или Виктория, государственная граница проходит по середине реки, так что различают больший, канадский (Хоршпу-Фолс — Подковный водопад), и меньший, американский, водопады. На американской стороне расположен город Ниагара-Фолс, а несколько выше по течению, у озера Эри, — Буффало (рис. 7.1; 7.2).

Первым европейцем, увидевшим и описавшим водопад, был бельгийский монах Луи Хеннепен, который участвовал в экспедиции Ла Салля в 1678 г. «Конечно, — пишет он, — Италия и Швеция гордятся несколькими такими творениями природы, но это лишь бледное подобие того, о чем мы хотим сообщить». Сегодня Ниагарский водопад по числу посетивших его далеко превосходит все водопады мира. Ведь он находится в густонаселенной местности с разветвленной сетью автомобильных дорог. Уже



Р и с. 7.1. Обзорная карта реки Ниагара и климатдиаграмма.

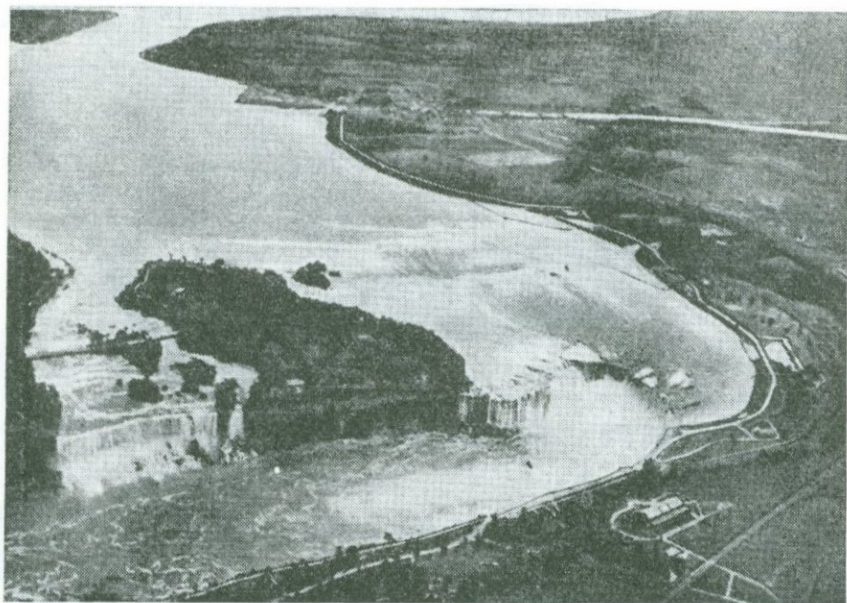
в начале прошлого столетия он был широко известной достопримечательностью. Существует даже путеводитель для экскурсантов, изданный в 1836 г., в котором содержатся всякого рода полезные советы («Рекомендуем взять с собой зонтик, чтобы защититься от брызг водопада»). Марк Твен в саркастической заметке «Один день у Ниагары» (1869 г.) описывает туристский бум вокруг водопада. Хотя уже тогда через реку недалеко от водопадов был перекинут железный мост, они, несомненно, производили впечатление девственного уголка природы, чего нельзя сказать об их нынешнем виде. Вдоль автострад между Буффало и Ниагара-Фолс местами натканы один мотель рядом с другим. А кричащие рекламные щиты с надписями вроде: «Горячие сосиски Мартина» или «Первый внутриматериковый океан в мире» (аквариум с морской водой в городе Ниагара-Фолс) — разве не вызовут они у европейцев снисходительной улыбки своей наивностью? (С другой стороны, не покажется ли чужестран-



Р и с. 7.2. Блокдиаграмма каньона Ниагара.

цу по меньшей мере странной обстановка вечером в какой-нибудь пивной Мюнхена?)

Река Ниагара — мощная, но короткая — всего 55 км — водная артерия. Она соединяет озера Эри и Онтарио, но в конечном итоге по ней осуществляется сток не только озера Эри, но и трех других Великих озер (Гурон, Мичиган, Верхнее). У Буффало река вытекает из озера Эри, зеркало воды которого имеет отметку 174 м над уровнем моря. Течение реки, вначале стремительное, замедляется у острова Гранд-Айленд, разделяющего поток на два рукава. Ниже острова река достигает 4 км в ширину. Вскоре течение снова становится бурным; на стремнинах падение реки на коротком отрезке превышает 16 м. На крутом изгибе с запада на восток русло реки снова разделяет остров, называемый Козым, за которым уже гремят американский (ширина 330 м, высота 47 м) и левее него канадский (ширина 915 м, высота 44 м) водопады (рис. 7.3). Через канадскую часть низвергается около 9/10 общей массы воды. Несколько ниже стены водопада долина резко суживается до нескольких сотен метров, принимая вид каньона. Здесь снова начинается участок пенистых порогов и стремнин, протягивающийся почти до Льюистопа. Огромные массы воды, которые с бешеной скоростью река несет по каньону, выглядят особенно эффектно у порогов Уирлпул, где поток втиснут в скальное ложе шириной всего 90 м. Поверхность потока принимает здесь в поперечном сечении отчетливо выпуклую форму. Длина каньона между водопадами и Льюистоном около 11 км. Незабываемое впечатление оставляет полет над водопадами на небольшом вертолете, не в последнюю очередь потому, что с высоты скрадывается их малопривлекательное окружение со зданиями и башнями для осмотра — взору открывается только переливающаяся голубизна реки и белая пена грохочущего водопада.

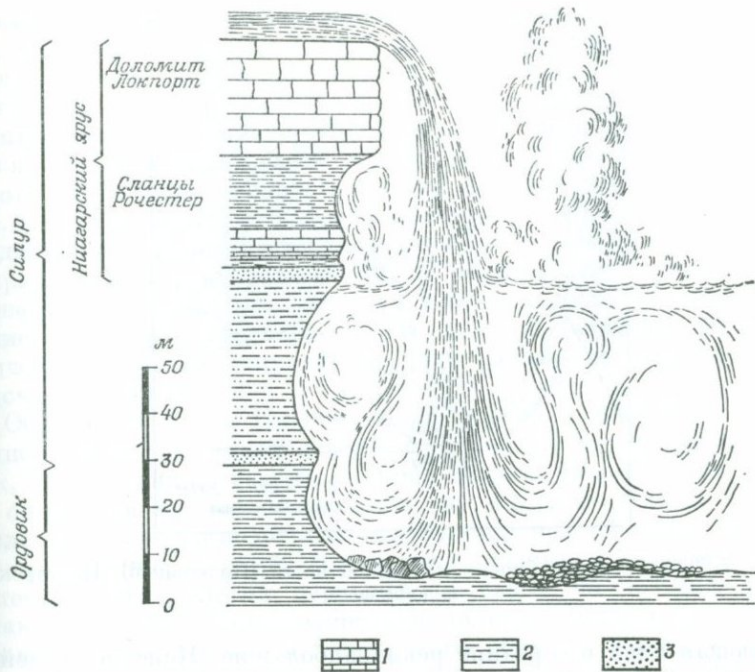


Р и с. 7.3. Снимок с самолета американской и канадской частей Ниагарского водопада.

Поскольку зеркало озера Эри находится на 75 м выше уровня моря, падение реки Ниагара почти точно равно 100 м, из которых на водопады приходится около 45 м. Оставшиеся 55 м падения распределяются между порогами и стремнинами. Среднее падение реки за пределами водопадов около 1 м на километр.

На языке ирокезов слово «ниагара» означает *гремящая вода*. Оглушительный грохот низвергающейся воды (в среднем около 6000 м³ в секунду) действительно потрясает. Несколько лет назад еще можно было получить «осязаемое» представление о чудовищной мощи падающей воды, пройдя по тропе под нависающим пластом породы между скальной стеной и кипящей упругой стеной водопада. В одном из старых путеводителей сказано, что для такой прогулки нужны «крепкие нервы», но что ее «совершают и дамы». Сегодня для этого нужны не крепкие нервы, а только полтора доллара. За такую плату вас подведут близко к основанию водопада, но не под него.

Однако совсем не обязательно залезать под самый водопад, чтобы даже несведущему в геологии наблюдателю стало понятно, сколь огромна *разрушающая сила* низвергающейся воды. Проявляется она прежде всего в том, что там, где водопад бьет в скалистое ложе, образовалась глубокая впадина (канадская часть водопада). В основании американской части Ниагарского водопада видно нагромождение огромных скальных обломков, обвалив-



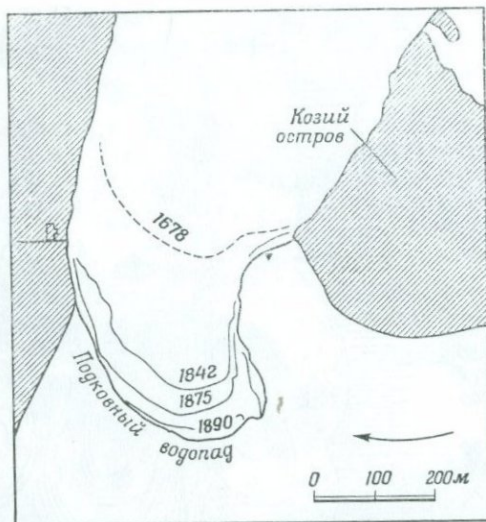
Р и с. 7.4. Разрез толщи пород под Ниагарским водопадом. Бровка водопада сложена силурийским доломитом Локпорт, который подстилают менее устойчивые сланцы Рочестер.

1 — известняки и доломиты; 2 — сланцы; 3 — песчаники.

шихся сверху. Поэтому все рискованные попытки спуститься по водопаду в различного рода бочкообразных сосудах предпринимались только в канадской его части. Большое значение для полного «использования» природной энергии падающей воды имеет геологическое строение скальной стены; и в этом отношении Ниагарский водопад может служить превосходным примером (рис. 7.4).

Дело в том, что верхнюю кромку стены образует пласт твердой породы — 25-метровая толща известняка силурийского возраста, а под ним залегают более мягкие слои сланца и песчаника. Эти-то слои вода разрушает и размывает прежде всего. Под козырьком из твердой породы образуется ниша (по ней и была раньше проложена тропа); нависающий известняковый козырек периодически обрушивается, и водопад постепенно отступает. Таким образом на Ниагаре можно прекрасно наблюдать *пятающуюся* (отступающую, регрессивную) эрозию водопада.

На примере канадского Подковного водопада можно видеть, что верхняя кромка скального обрыва иногда принимает форму дуги, так как скорость течения воды, а следовательно, и ее раз-



Р и с. 7.5. Отступление бровки канадской части (Подковный) Ниагарского водопада.

рушающая сила в середине реки наибольшие. Конечно, в действительности условия здесь гораздо сложнее: подковообразный водопад возник в конце крутой излучины реки, где действовали также разные другие течения.

Величину пятящейся эрозии удастся измерить, правда, не за один год, а в течение нескольких столетий или десятилетий. На рис. 7.5 показано отступление канадского водопада за определенный промежуток времени. Величина отступления в среднем за год составила, например, за период 1842—1905 гг. для канадского водопада 1,28 м, а для американского, вероятно, только 6 см. Уже первые естествоиспытатели, изучавшие Ниагарский водопад, пошли дальше и попытались вычислить, сколько же времени потребовалось реке, чтобы врезать весь 11-километровый каньон ниже водопада. Цифра, полученная одним американским исследователем в 1790 г., кажется невероятной: 55 440 лет! Нужно еще учесть, что определена она в то время, когда геологическое летоисчисление едва вышло за рамки библейской истории сотворения мира. В числе первых исследователей нужно назвать также знаменитого английского геолога Ч. Лайеля, путешествовавшего по Северной Америке в 1841—1842 гг. Он определил, что каньон образовался приблизительно за 35 тыс. лет. Ниагару и Ниагарский водопад совершенно справедливо называли гигантскими водяными часами. Позднее выяснилось, что такого рода расчеты не могут быть точными, ибо они основаны на предположении, что отступление кромки водопада в течение длительного времени происходит равномерно. Но такое предположение необос-

нованно: «часы» то уходят вперед, то отстают. Это объясняется тем, что выше Уирлпула каньон на коротком участке «заложен» вдоль древней погребенной долины, в рыхлых наносах которой отступающая эрозия протекала быстрее — отсюда легко также понять, почему у Уирлпула каньон делает резкий изгиб, становится ясным и образование изгиба («Уирлпул» означает водопад!). Различная мощность пласта породы, создающего водопад, не могла не отразиться на интенсивности эрозии так же, как неодинаковая водоносность реки: сток из озера Гурон временами направлялся в реку Миссисипи, и река Ниагара становилась менее полноводной. Дж. Спенсер в 1907 г. произвел новое вычисление времени, потребовавшегося для образования каньона, причем принял во внимание все эти различные факторы. Его подсчет дал 39 тыс. лет.

Образование реки Ниагара тесно связано с *последним* оледенением. Пока огромный североамериканский материковый ледник, наступавший с севера, занимал область Великих озер, сток из озера Эри не мог происходить по нынешнему пути. Лишь после того, как из-под льда освободился крутой склон у Льюистона, возник первый Ниагарский водопад, который затем в течение тысячелетий перемещался вверх по течению реки, оставляя за собой каньонообразную долину. Отступление ледника знаменовало собой конец ледникового периода. Таким образом, приведенное выше вычисление давало одновременно представление о *приблизительной длительности послеледникового времени*. В этом заключалось важное общее значение рассуждений. В наши дни, пользуясь более точными методами, длительность послеледникового периода можно установить точнее. Радиоуглеродным методом получена цифра 12 тыс. лет. Но и первые оценки дали представление о порядке величины, в геологическом масштабе времени достаточно правильное.

Было бы странно, если бы практичные американцы не использовали такое место в промышленных целях, ведь индустриальные центры существовали здесь до того, как возникла мысль о необходимости охраны природы. Конечно, учитывая огромные массы воды, забор ее промышленными предприятиями невелик, но мосты, дома и заводы не могут не портить общей картины. Чего стоят одни похожие на телевизионные башни площадки для осмотра, буквально угнетающие некогда величественный ландшафт. Если сравнить между собой три самых больших на земле водопада — Ниагарский, Игуасу и Замбези, то по необычайной живописности и привлекательности на первом месте оказался бы, конечно, Ниагарский водопад, если бы только его можно было себе представить без окружающей Северной Америки XX века с ее безобразными строениями.

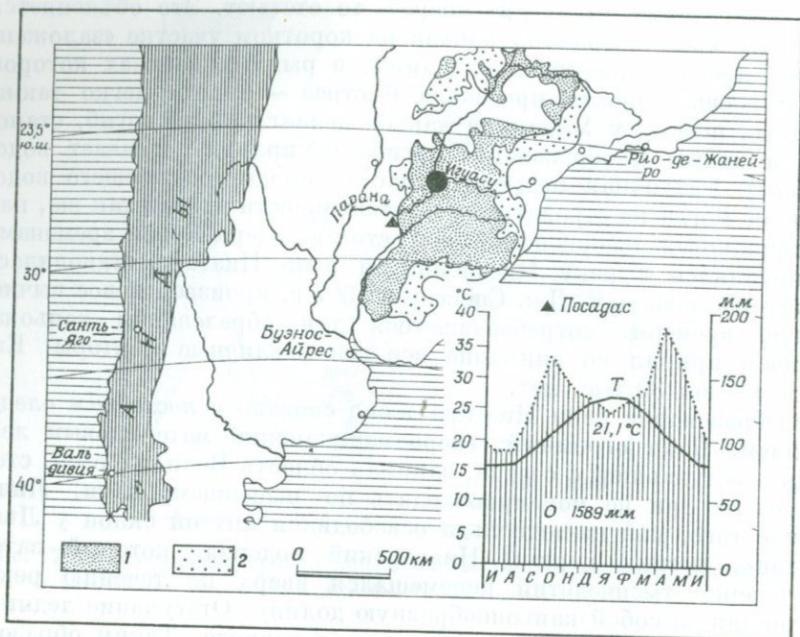


Рис. 8.1. Местоположение водопадов Игуасу, распространение мезозойских базальтов Парана и климатдиаграмма для района водопадов.
1 — базальты Парана; 2 — позднепалеозойские отложения.

8. Водопады Игуасу (Бразилия — Аргентина)

Водопады Игуасу (рис. 8.1) считаются *самой большой достопримечательностью Южной Америки*. Но об этом, конечно, можно спорить — слишком сильно зависит выбор от субъективного восприятия. Современный градостроитель, возможно, предпочтет водопадам Игуасу новую столицу Бразилии — город Бразилию, а археолог — руины Мачуикчу в Перу. Несомненно одно: Игуасу по праву относятся к самым красивым водопадам земного шара. Они выделяются не только значительной высотой и полноводностью, но и живописным окружением, которого еще почти не нарушило вмешательство человека. Во влажном субтропическом климате бурно разрастаются девственные леса с деревьями-великанами, обвитыми бесчисленными лианами и эпифитами, главным образом из семейства бромелиевых, часто достигающими метровой высоты. Необычайно эффектно сочетание сверкающих белизной водопадов, окруженных облаками брызг, переливающихся всеми цветами радуги, сочной зелени лесов и часто голубого бескрайнего неба на фоне мрачных бурочерных скал (рис. 8.2—8.3).

Водопады находятся недалеко от впадения реки Игуасу в широкую Парану. Отсюда название города Фос-ду-Игуасу («Устье Игуасу»). Река Игуасу служит границей между Бразилией и Аргентиной, водопады находятся в той и другой стране, но большая их часть расположена на аргентинской стороне.

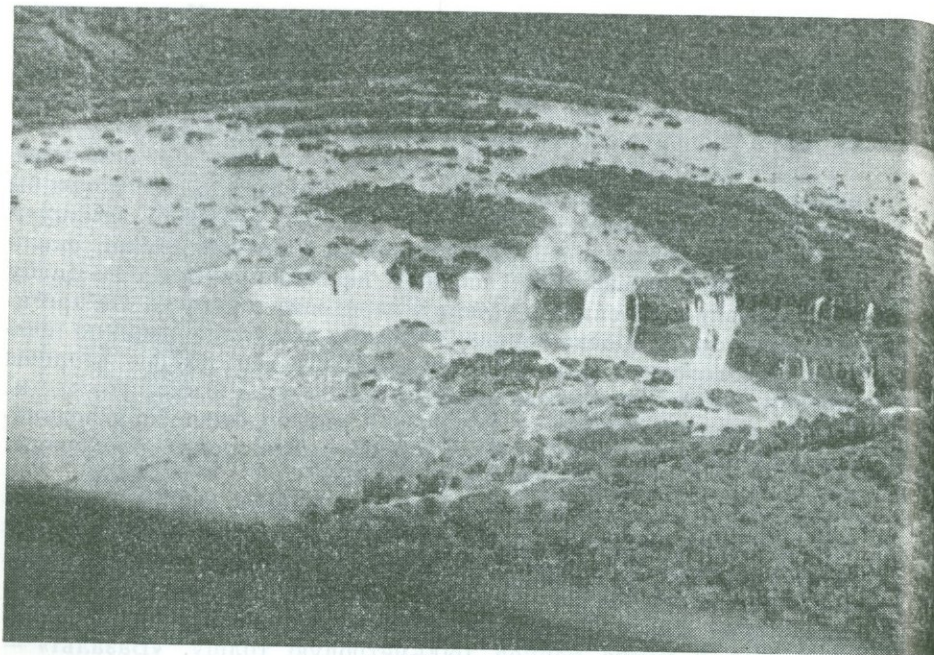
Для Игуасу характерно множество отдельных водопадов, которых насчитывается 275. Многие из них сами по себе могли бы привлечь пресытившегося туриста. Все эти водопады замкнуты глубоким, сравнительно прямолинейным ущельем длиной около 1 км; южный отрезок его, носящий название Гарганта-ду-Диабу («Горло дьявола») вниз по течению переходит в каньон. На аргентинской стороне бровка водопада местами отступила вверх по течению. Многоводная река Игуасу низвергается по обе стороны ущелья, но особенно много воды устремляется к южной его части. В этом состоит отличие от похожих в другом отношении водопадов Виктория на реке Замбези. Игуасу и Виктория — водопады, связанные с зонами трещиноватости.

В принципе образование водопадов Игуасу совсем не сложное. Широкий поток красновато-бурой воды плавно течет в неглубоко врезанных меандрах через плато, сложенное базальтами Парана, — крупнейший на земле лавовый массив. Эти базальтовые лавы неоднократно изливались в виде обширных покровов, образовав в конце концов 1600-метровую толщу. «Базальт» — в данном случае собирательное название лав, не совсем одинаковых по петрографическому составу. Говорят также просто о трапах, то есть «лестницеобразно» («траппа» — по-шведски лестница) расположенных один на другом лавовых покровах. По данным Р. Маака, базальты Парана занимают гигантскую площадь — свыше 1 000 000 км².

Излияния базальтов произошли, как теперь установлено путем определения абсолютного геологического возраста, в раннемеловое время, то есть около 120—130 млн. лет назад.

По твердости базальты не очень различаются, но они совершенно неодинаковы по степени трещиноватости, а это обуславливает разную их сопротивляемость эрозии текущей водой. Самую большую роль в истории реки играла меридиональная узкая вертикальная зона трещиноватости, точно вдоль которой следует главный каньон водопадов Игуасу. Размыв и врезание происходили здесь очень быстро; река, выше по течению описывавшая широкие меандры, здесь втиснулась в узкие рамки зоны трещиноватости; образовался резкий уступ в продольном профиле реки, который постепенно начал перемещаться вверх по течению. Так сформировалась прямолинейная ущельеобразная долина-каньон. Основная масса воды реки Игуасу низвергается в узкую головную часть каньона Гарганта-ду-Диабу, образуя водопад высотой 72 м (рис. 8.4).

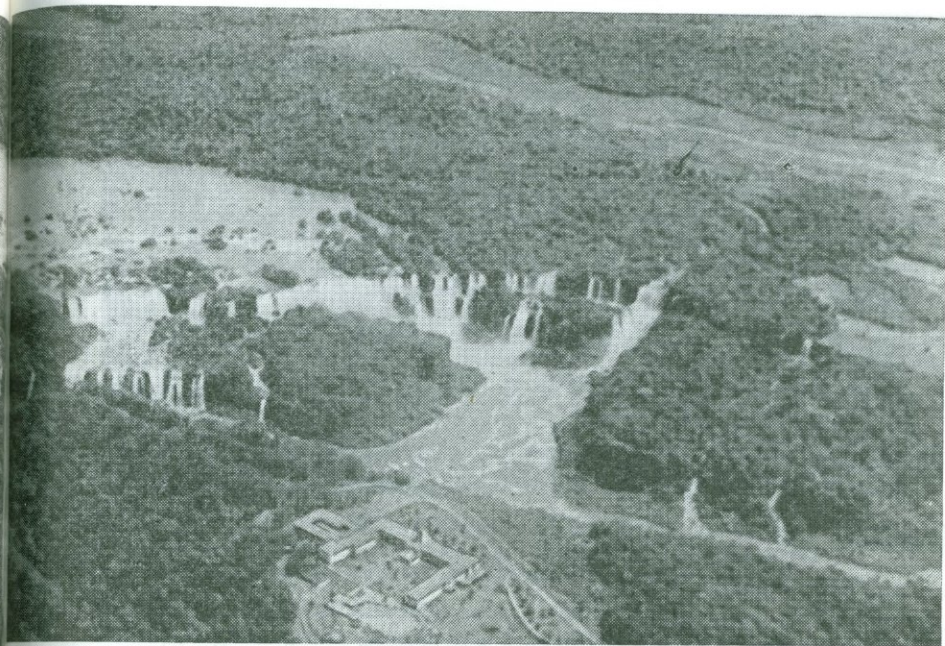
Но широкая река несет свои воды не только к этому месту. Гул водопадов стоит и над правой, и над левой продольными



Р и с. 8.2. Водопады Игуасу. Отчетливо выделяется ущелье длиной более 1 км,

сторонами каньона; правда, на левой (аргентинской) стороне их больше — на протяжении 1,2 км здесь следуют один водопад за другим. Именно в этом месте большая дуга излучины реки перерезана линией водопадов. Здесь, в меньшей степени и справа по течению (водопады Флориану, Деодору, Бенжамин), проявилась регрессивная эрозия реки, благодаря чему каньон воронкообразно расширяется. Отступление бортов каньона произошло вследствие подрезания верхнего устойчивого, но трещиноватого пласта лавы (мелафира). У водопада «Три мушкетера» хорошо видно, как внешний край плиты, бровка водопада, начинает отламываться вдоль трещины. Эта плита прослеживается во всех водопадах; точнее, в большинстве случаев наблюдается каскад из *двух водопадаобразующих уступов* (рис. 8.5).

Водопады Игуасу, несомненно, одно из самых привлекательных мест на земле, и скорее всего именно потому, что этот величественный памятник природы окружен, можно сказать, *девственным ландшафтом первобытного дремучего леса*. В высшей степени отрадно, что бразильское и аргентинское правительства объявили весь район национальным парком. Даже отели на обоих берегах реки не нарушают общей живописной картины, а утомившемуся туристу дают возможность хорошо отдохнуть; правда,



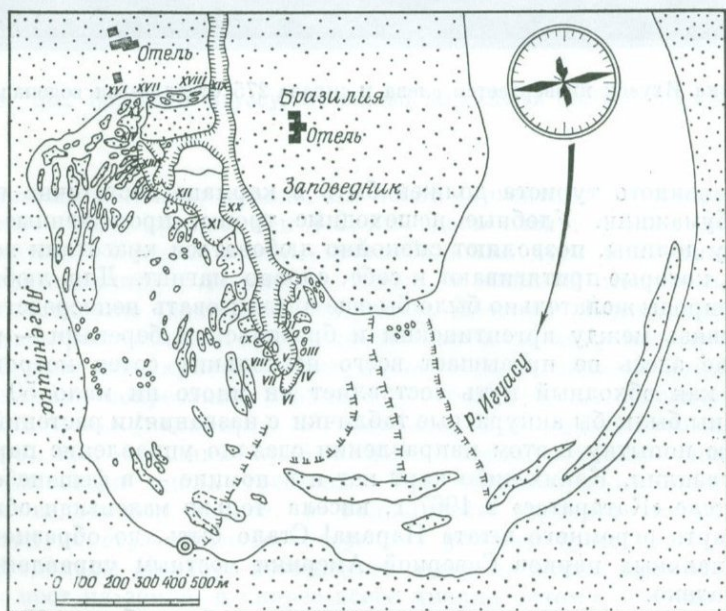
в которое река Игуасу низвергается слева и справа 275 отдельными водопадами,

у означенного туриста должен быть в кармане достаточно пухлый бумажник. Удобные пешеходные тропы, проложенные по склону долины, позволяют спокойно любоваться красотами водопадов, которые притягивают к себе, словно магнит. Для любителей природы желательно было бы еще организовать непосредственную связь между аргентинским и бразильским берегами — расстояние здесь не превышает всего нескольких сотен метров, — тогда как обходный путь составляет ни много ни мало 50 км! Полезны были бы аккуратные таблички с названиями растений — робкую попытку в этом направлении сделало управление парками Бразилии. Каких-либо карт нет и в помине — в фешенебельном отеле «Катаратас» в 1967 г. висела только маленькая обзорная карта огромного штата Парана! Стало быть, до образцовых национальных парков Северной Америки местным управлениям еще далеко.

Ближайшие крупные населенные пункты — Фос-ду-Игуасу (Бразилия) и Пуэрто-Игуасу (Аргентина) находятся от водопадов на расстоянии, которое местные самолеты легко преодолевают за два часа. В хорошую погоду с маленьких самолетов открывается назабываемая картина всего комплекса водопадов — годами она будет стоять перед вашими глазами.

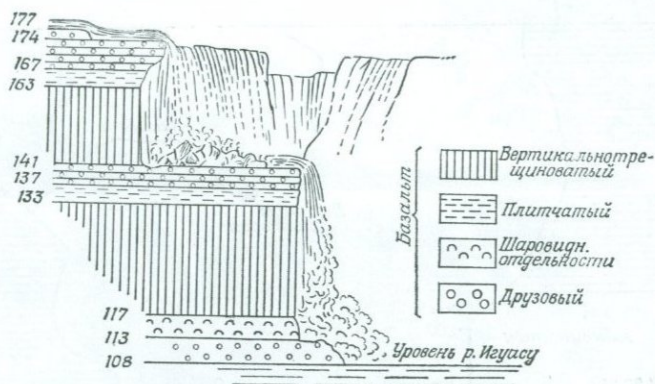


Р и с. 8.3. «Горло дьявола» с самыми мощными отдельными водопадами, На лодке можно легко подплыть к этому месту.



Р и с. 8.4. Обзорная карта водопадов Игуасу.

Вверху справа — роза трещин. Цифрами обозначены водопады: I — Салту-Флориано; II — Деодоро; III — Бенжамин Констант; IV — Уньяо; V — Гарганта-ду-Диаву («Горло дьявола»); VI — Эскондиду; VII — Митре; VIII — Ривадавия; IX — Пенони; X — Белграно; XI — 3 Москетейрос («Три мушкетера»); XII — Креста-де-лос-Салтос; XIII — Сан-Мартин; XIV — Боццети; XV — Адао-е-Ева («Адам и Ева»); XVI — Ланусс; XVII — Лос-Херманос; XVIII — Лос 4 Пуэнтес; XIX — Айарагарай; XX — Лос-Аморес.

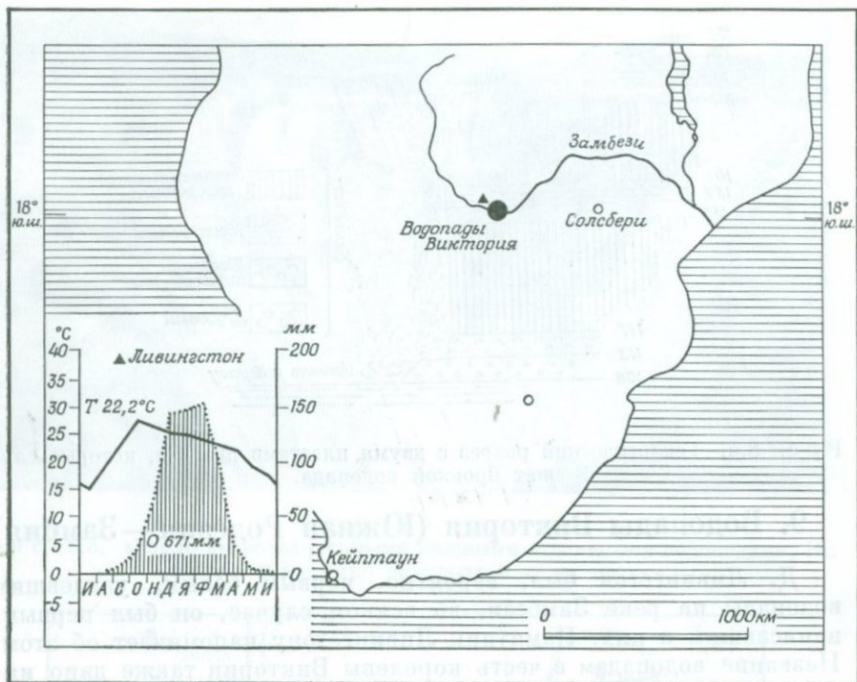


Р и с. 8.5. Геологический разрез с двумя пластами диабаз, которые служат бровкой водопада.

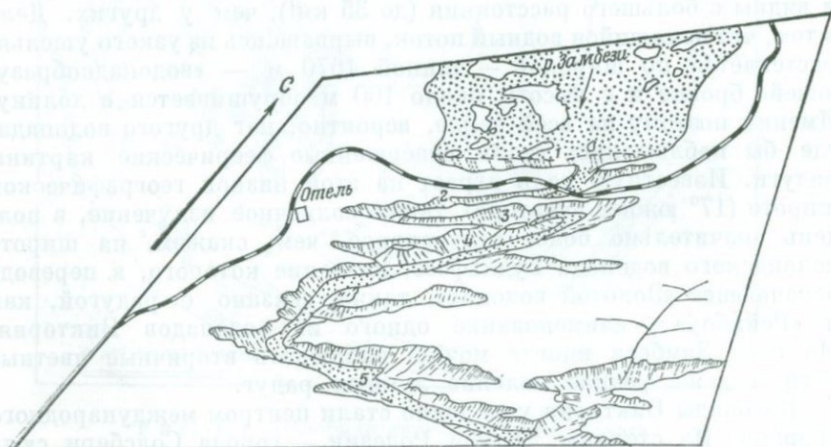
9. Водопады Виктория (Южная Родезия—Замбия)

Д. Ливингстон был, вероятно, первым белым, увидевшим водопады на реке Замбези, во всяком случае, он был первым, написавшим о них. Памятник Ливингстону напоминает об этом. Название водопадам в честь королевы Виктории также дано им. Аборигенам эти водопады, конечно, были давно известны. Они очень метко называют их *моси-оа туниа* («дым, который гремит»). Грохот низвергающейся воды — характерная особенность многих водопадов, и не только водопадов Виктория. Но белые клубы водяной пыли водопадов Виктория выделяются более резко и видны с большего расстояния (до 35 км!), чем у других. Дело в том, что пенящийся водный поток, вырвавшись из узкого ущелья, растекается по широкой — длиной 1670 м — «водопадообразующей» бровке и с высоты около 100 м обрушивается в долину. Именно поэтому на всей земле, вероятно, нет другого водопада, где бы наблюдались столь совершенные феерические картины радуги. Известную роль играет на этой низкой географической широте (17° южнее экватора) также солнечное излучение, в полдень значительно более интенсивное, чем, скажем, на широте исландского водопада Гудльфосс, название которого, в переводе означающее «Золотой водопад», также связано с радугой, как и «Рейнбоу» — наименование одного из водопадов Виктория. На реке Замбези иногда можно наблюдать вторичные цветные дуги и даже редкое явление лунных радуг.

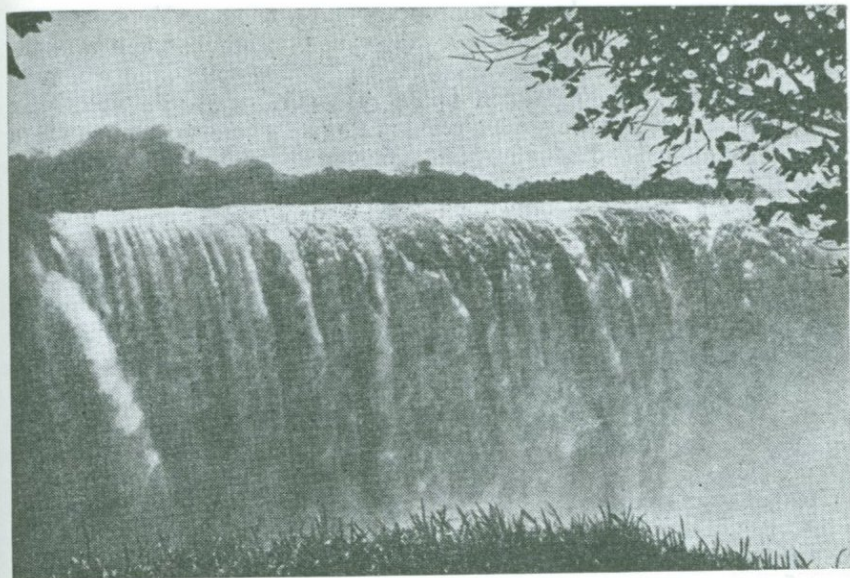
Водопады Виктория уже давно стали центром международного туризма. Из столицы Южной Родезии — города Солсбери сюда можно добраться на самолете, поездом или на автомобиле (680 км). Железная дорога построена в 1904 г. К несчастью, она пересекает второе ущелье реки Замбези по мосту высотой 100 м недалеко от водопадов. Это стальное сооружение и клубы грязно-бурого



Р и с. 9.1. Местоположение водопадов Виктория и климатдиаграмма.



Р и с. 9.2. Обзорная карта водопадов Виктория с серией ущелий ниже по течению.



Р и с. 9.3. Водопады Виктория в половодье (апрель 1968 г.).

дыма, выбрасываемые трубами паровозов, отнюдь не украшают девственной белизны водопадов. Между прочим, дым свидетельствует о низком качестве южноафриканского пермского угля (крупные угольные шахты расположены не очень далеко от водопадов, в окрестностях города Уанки). В туристском центре Виктория-Фолс избалованный путешественник найдет все нужные и ненужные удобства, начиная от кемпинга и кончая первоклассным отелем и даже игорным домом; к счастью, он может полюбоваться и нетронутыми ландшафтами, изобилующими дикими животными (рис. 9.1; 9.2).

В марте — апреле на Замбези половодье — она несет 5500 м³ воды в секунду. Ущелье в это время так заполнено облаками брызг, что не видно ничего, кроме воды. Тогда-то действительно оправдана характеристика водопадов как *самого широкого и пышного водного занавеса на земле* (рис. 9.3). При низком стоянии воды отчетливо выступают отдельные водопады, имеющие собственные наименования. С запада на восток; это Девилс-Катаракт («Водопад дьявола»), Мэйн («Главный»), Рейнбоу («Радуга») и Ист («Восточный»). В особенно засушливые годы водопад Ист иногда пересыхал полностью. Ниже водопадов разность уровней полной и малой воды достигает 15 м. Средняя высота водопадов около 90 м, максимальная (Рейнбоу) — 105 м.

У водопадов на реке Замбези и водопадов Игуасу в Южной Америке много общего. И те, и другие — самые большие и самые красивые на своем континенте и, вероятно, представляют его

самую яркую ландшафтную достопримечательность. У тех и других *водопадаобразующая бровка*, да и вся стена сложены крепкими, пологозалегающими *базальтовыми покровами* одного и того же мезозойского возраста; в обоих случаях путь магме вверх открылся в результате раскалывания древнего континента Гондваны, то есть отделения Африки от Южной Америки. Это раскалывание и послужило причиной гигантских излияний лавы. И в том, и в другом случае узкие зоны трещиноватости и разломов способствовали проявлению глубинной эрозии и, следовательно, образованию глубоких ущелий, вызвавших переломы в продольном профиле рек. Стало быть, водопады Виктория и Игуасу можно отнести к одной систематической группе: это субсеквентные (то есть созданные эрозионной деятельностью реки) водопады, связанные с зонами трещиноватости. Первопричиной же крутого падения рек является тектоническое поднятие как плато Парана (водопады Игуасу), так и южноафриканского плато.

В частности между водопадами существуют, однако, некоторые различия. Наиболее резким является форма ущелья ниже водопада. В этом отношении водопады Виктория совершенно своеобразны, хотя некоторые родственные черты в уменьшенном масштабе встречаются и в других местах (пример — водопад Хафраргильсфосс на севере Исландии). Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на карту. Еще лучше посмотреть на водопады Виктория с самолета. Вообще существует очень мало других водопадов, где лишь с высоты птичьего полета можно быстро составить себе правильное представление. Поэтому никогда не следует упускать возможности совершить здесь хорошо организованный и не слишком дорогой осмотр с самолета.

Особенность состоит в том, что воды Замбези *по всей ширине реки обрушиваются в узкое ущелье*, словно исчезая в нем, что с удивлением отметил уже Ливингстон, который (при низкой воде) пробрался к самой кромке водопада и взглянул вниз: «Вода, казалось, уходила в глубь земли, так как другой склон ущелья, в которое она низвергалась, находился всего в 80 футах от меня». Мощный поток шириной 1800 м действительно сжимается здесь ущельем до нескольких десятков метров. Не менее своеобразна и форма каньона ниже водопада: почти равнинную местность *зигзагообразно прорезают несколько ущелий* глубиной около 100 м. При взгляде издали трудно даже предположить, что река может здесь внезапно исчезнуть в 100-метровой пропасти, если бы белые облака водяной пыли, постоянно поднимающиеся из саванны, не указывали на существование большого водопада. Обычно ближайшие ущелья обозначают номерами с 1 по 5 (первое — ущелье водопадов Виктория) (рис. 9.4—9.5).

Почти вертикальные склоны ущелья позволяют рассмотреть детали *строения базальтовой плиты*. Мощность ее, видимо, около 300 м, то есть большая часть плиты залегает ниже дна долины.



Р и с. 9.4. Ущелье 1 (с водопадами), «кипящий котел», ущелья 2 (с железнодорожным мостом) и 3; вид на запад.



Р и с. 9.5. Ущелья 1—4. Вид на север.

Отчетливо видно, что здесь вскрыты несколько базальтовых покровов, располагающихся один на другом. Обычно это темная, на выветрелых участках серо-бурая порода плотного строения, но сильно трещиноватая; верхние же и нижние пласты ноздреватые, полости заполнены различными минералами (игольчатые цеолиты, агат, кварц и др.). Такая структура соответствует шлаковой зоне на нижней и верхней сторонах современных лавовых потоков. Поскольку порода в этих пластах выветривается легче, на склонах ущелья образуются узкие покатые уступы, поросшие деревьями. Три или четыре ряда деревьев на высоких скалах — бортах ущелья — указывают, что здесь выходят 3—4 лавовых покрова. Мощность их местами достигает 30 м.

Еще несколько слов о зигзагообразной форме долины реки. Она обусловлена тем, что базальтовая плита рассечена трещинами преимущественно в двух направлениях — широтном и северо-восточном, а также тем, что в определенных зонах произошло скупивание вертикальных трещин, частично связанных со сбросами. Во втором и пятом ущельях такие сбросы можно предполагать, во втором их амплитуда достигает 50 м. Врезание реки в узкие зоны трещиноватости происходило сравнительно легко. Соединение ущелий, расположенных под углом одно к другому, не всегда происходило у их крайних концов, то есть там, где они ближе всего подходят друг к другу, а иногда даже посередине; наиболее характерный пример — Бойлинг-Пот («кипящий котел»), короткий соединительный каньон между первым и вторым ущельями.

Для расшифровки истории реки важна западная часть стены водопада, так как здесь (у Девилс-Катаракта) река врезалась в его кромку глубже, чем на других участках; кроме того, она начинает врезаться новое ущелье, разделяющее маленький остров посередине водопада. Легко себе представить, что в ущелье будет поступать все больше воды с современной бровки водопада; иными словами: через некоторое время (на это, вероятно, потребуются тысячелетия), возможно, именно это ущелье заберет себе все водопады Замбези, и нынешнее «первое ущелье» также лишится водопадов, как лишились их ущелья ниже по течению. Такое рассуждение позволяет отгадать загадку: некогда (может быть, несколько десятков тысяч лет назад) водопады находились ниже по течению, в пятом ущелье, ущелий 1—4 (и некоторых других, теперь уже не занятых водами Замбези) тогда еще не существовало. Потом река начала постепенно вырабатывать четвертое ущелье, в котором возникли водопады, затем третье, пока не образовался современный «дым, который гремит».

Непрерывная регрессивная эрозия — обычное явление, наблюдаемое у очень многих водопадов, как мы уже видели на примере Ниагарского водопада. Но скачкообразная пятая эрозия, какую мы установили у реки Замбези, совершенно необычна. Возможна она только в породах, зонально пораженных глубокой

трепиноватостью. Можно предположить, что Замбези совершила по меньшей мере восемь таких «скачков назад».

Еще ниже по течению, напротив, Замбези течет по базальтовому плато (а дальше — по породам другого состава) как обычная река. Резкое изменение характера реки хорошо видно сверху, если лететь от водопадов Виктория к Карибе. Ниже гигантской плотины водохранилища Кариба долина Замбези также глубоко врезана, как, например, Рейн в Сланцевые горы.

Широкая *пра-Замбези* некогда текла и ниже современных водопадов на северо-восток по базальтовому плато абсолютной высотой около 900 м, частично покрытому рыхлыми красноцветными песками Калахари. Ее плоская обширная долина еще выделяется в рельефе. Ущелья Замбези ныне врезаны в ее дно. О существовании пра-Замбези свидетельствуют также отдельные разрозненные выходы речных галечников, в которых, приблизительно в 20 км ниже водопадов, найдены окатанные каменные орудия; возраст их, по всей вероятности, не древнее среднего плейстоцена. Врезание реки произошло позже, то есть в течение последних 100—200 тыс. лет, а история водопадов, с которой мы только что познакомились, представляет последний, еще не закончившийся этап всей истории формирования реки.

Если ниже водопадов Замбези рвется к морю сквозь узкие ущелья, то *выше водопадов* река образует поток шириною около 2 км. Правда, вблизи каньона в русле еще видны многочисленные бурные пороги и перепады, но несколько выше Замбези плавно несет свои воды мимо берегов, покрытых пышной растительностью, омывая множество низких островов с крупными деревьями. В береговой зоне особенно выделяются пальмы: высокая *Hurphaene ventricosa* с большими веерообразными листьями, низкая финиковая пальма *Phoenix reclinata*. Между ними заметны многие другие стройные деревья, которые вдали от берега стоят все более редко и, наконец, уступают место саванне, в которой, помимо преобладающих акаций, встречаются и некоторые другие виды древесной растительности. Пожалуй, наиболее резко выделяется листопадный баобаб *Adansonia digitata* с необычайно толстым, бесформенным стволом, покрытым светлой корой. Гигантский баобаб «Биг Три», растущий всего в нескольких километрах от гостиницы, служит местом паломничества туристов. В половодье по реке плывут тысячи и тысячи мелких растений водного папоротника *Salvinia*, вынесенных из болот в бассейне реки Кубе, притока Замбези.

Особенно сочная и пышная растительность завоевала клин между первым и вторым ущельями, то есть место, которое находится непосредственно напротив водопадов; непрерывный поток водяных брызг и капель превращается в половодье в сплошную завесу дождя, жадно впитываемого растениями. Пройти через этот «дождевой лес» можно только в непромокаемой одежде и соот-

ветствующей обуви. Здесь, как отмечает Кейльгак, образуется даже небольшой слой торфа.

Специально организованная для туристов небольшая поездка на лодках к маленькому острову Кандехар позволяет полюбоваться и крупными представителями животного мира Африки — слонами и бегемотами, а на самом острове, густо поросшем причудливыми огромными деревьями, — также обезьянами, которые настолько привыкли к людям, что безбоязненно берут из рук корм. Но даже недалеко от гостиницы случается увидеть в стороне от дороги пасущиеся стада водяных козлов и своеобразных бородавочников из семейства свиней. Прикрепленные то тут, то там таблички с надписью «Beware of crocodiles» заставляют с опаской оглядываться вокруг, но и оставляют приятное чувство, что цивилизация здесь еще не смогла покорить природу.

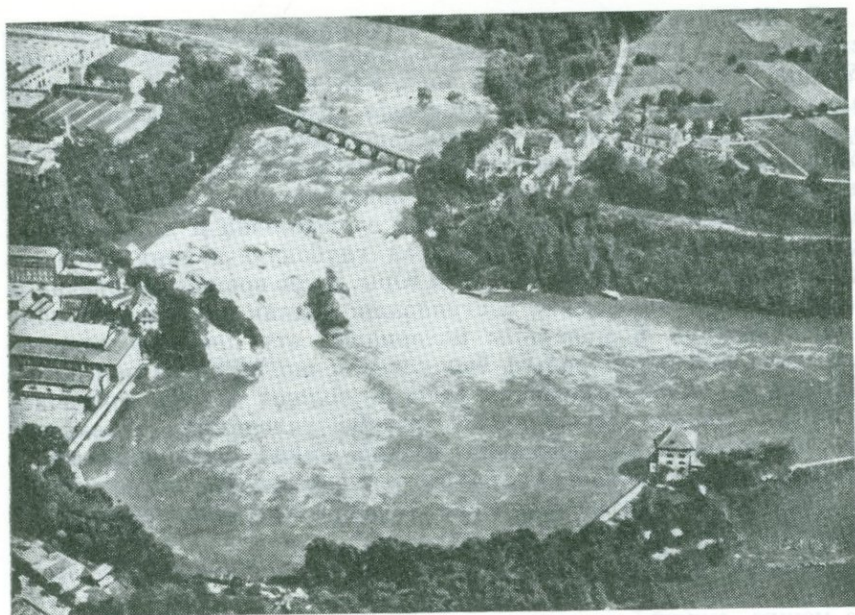
10. Рейнский водопад у Шафхаузена (Швейцария)

В туристских проспектах Рейнский водопад у Шафхаузена рекламируется как *могущественнейший водопад Европы*. Это действительно так, если говорить о континентальной Европе; в рамках же внематериковой Европы прилагательное «могущественнейший», несомненно, должно быть отнесено к исландскому водопаду Деттифосс; и второе место «по мощности» займет не Рейнский водопад, а Гудль-фосс (юго-западная Исландия).

Но, конечно, Рейнский водопад чаще посещается, чем исландские и большинство других европейских водопадов. Известен он уже с самого раннего средневековья, в литературе можно найти описание впечатлений, которые Рейнский водопад произвел на именитых путешественников. У одних он вызвал чувство страха, у других безграничное восхищение, наконец, третьи иронически сравнивают его с Ниагарским водопадом. Не было недостатка и в жалобах на загрязнение реки промышленными отходами уже в начале прошлого века; еще Ф. Купер, известный писатель, автор «Кожаного чулка», сетовал на то, что фабричные здания нарушают гармонию ландшафта. После строительства железной дороги, пересекающей Рейн непосредственно выше водопада, поток туристов увеличился в несколько раз; появление автомобилей, конечно, не способствовало его сокращению. Рейнский водопад стал туристской достопримечательностью.

Лучше всего любоваться водопадом из маленького замка Вёрт, но наибольшее впечатление оставляет вид, открывающийся из замка Лауфен и со склонов долины под ним (рис. 10.1). Очень приятно прогуляться от первого замка ко второму или в обратном направлении (по железнодорожному мосту), но можно также взять лодку и, доплыв до скалы посередине водопада, подняться на нее.

Рейнский водопад, как и другие известные водопады, разделяет административная граница между двумя швейцарскими



Р и с. 10.1. Рейнский водопад с замками Вёрт (на переднем плане) и Лауфен (середина снимка, справа).

кантонами Шафхаузен и Цюрих, из-за которой в конце прошлого столетия шел ожесточенный спор.

В справочнике Транспортного общества приведены некоторые важнейшие сведения о водопаде:

Общая ширина водопада 150 м

Высота 21 м

Глубина котловины под водопадом 13 м

Максимальный расход воды в секунду 1080 м³

Средний расход воды летом в секунду 700 м³

Минимальный расход воды в секунду 95 м³

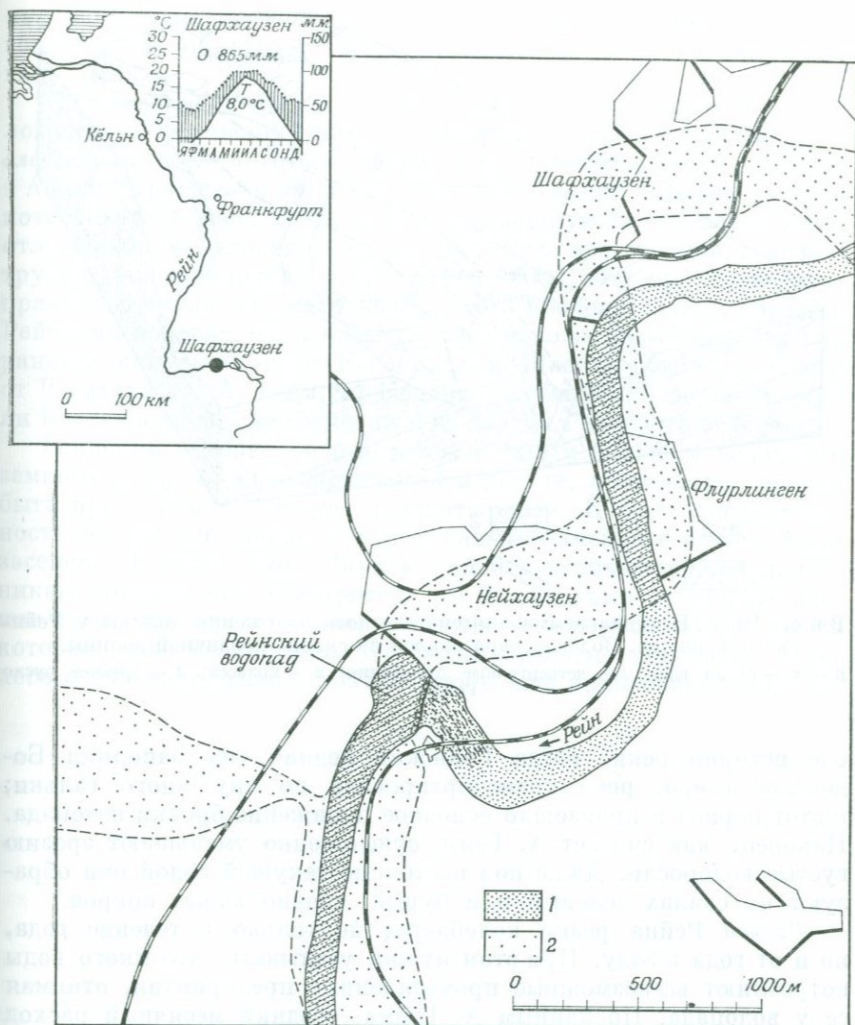
Возраст водопада около 6000 лет

Из-за размывания бурлящей водой бровка ложа водопада не ровная, а изобилует выступами и промоинами. С боков водопад обрамляют скалы-бастионы из юрского известняка (на южной высится замок Лауфен), а в середине поднимаются скалы, разделяющие его на несколько частей. Наиболее мощный, Цюрихский водопад находится под замком Лауфен. В самой большой из скал посередине водопада вода промыла овальное окно. Как показали промеры летом, под водопадом струи низвергающейся воды высверлили глубокую котловину; непосредственно под водопадом ее глубина 13 м, тогда как в нескольких сотнях метров ниже по течению глубина Рейна не превышает 3 м.

В Швейцарии, столь богатой природными красотами, Рейнский водопад отнюдь не занимает важного места, во всяком случае *сегодня*. Вот типичный пример того, как человек в эру индустриализации может разрушить ландшафт. Но с *геологической точки зрения* — это совершенно своеобразное явление. А. Гейм, старейшина швейцарских геологов, по праву посвятил ему специальное подробное описание. Образование водопада тесно связано с *последним оледенением*. Конечно, Рейн существовал и до него, еще до ледникового периода он врезал глубокую долину в белые известняки швейцарской Столовой Юры. Но во время четвертичного оледенения талые воды и наступавший ледник настолько заполнили наносами и моренным материалом эту древнюю долину, что первоначальный рельеф был совершенно погребен под ними. Проследить прежнее течение реки позволяют данные многочисленных скважин, вскрывших древние галечники; оказалось, что до последнего оледенения течение Рейна было направлено от Шафхаузена на северо-запад, а от Флурлингена прямо к Нейхаузену, тогда как сегодня Рейн, образуя излучину, течет к югу (рис. 10.2).

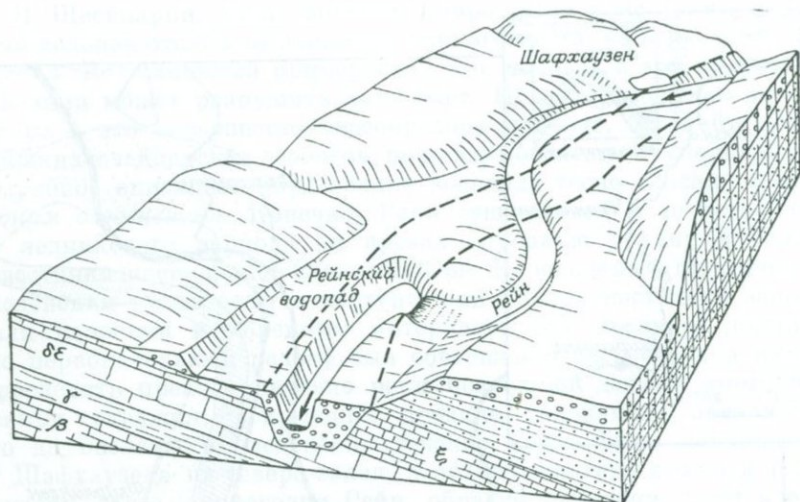
Мощный Рейнский ледник окончательно отступил из этого района лишь 10 тыс. лет назад, и *Рейн родился вновь*. Насколько можно судить по сохранившимся участкам древней долины, новый Рейн использовал их, врезая свое русло. Но в некоторых местах образовались совершенно новые излучины реки, совершенно не связанные с древней долиной. Такая излучина возникла между Флурлингеном и замком Лауфен в твердых юрских известняках, в которые Рейн начал врезаться. Лишь у замка Лауфен вновь родившийся Рейн встретил свою древнюю, погребенную под наносами долину. Теперь дело пошло легче: размывать древние, хотя и уплотнившиеся с течением времени, галечники Рейну было не так трудно, как твердые известняки. Поэтому в русле реки вскоре возник перелом падения — произошло рождение Рейнского водопада. Расположен он, проще говоря, точно на левом берегу древней долины (рис. 10.3); *здесь воды Рейна низвергаются с крутого берегового обрыва, который река некогда сама создала. «Рейн как бы спотыкается о свое собственное прошлое».*

Формирование новой долины, которое мы сейчас проследили на примере послеледниковой истории Рейна, называют *эпигенетическим* («позднее начавшимся») врезанием долины. Следовательно, по нашей классификации, Рейнский водопад является субсеквентным: эпигенетически заложенная река вскрыла древнюю погребенную долину. Пятящаяся эрозия Рейнского водопада незначительна. Правда, сама бровка водопада стала значительно ниже, чем она была прежде: свидетельство тому — сохранившиеся зубцы скал посередине потока и перекаты выше по течению, но главный уступ все еще приблизительно соответствует высоте южного края долины доледникового Рейна. Причиной



Р и с. 10.2. Карта Рейнского водопада и его окрестностей. Показано древнее, частично погребенное под наносами, частично вскрытое послеледниковым Рейном русло. Вверху слева — климатодиаграмма для Шэфхаузена.
1 — современный Рейн; 2 — древнее (межледниковое) русло Рейна.

такого устойчивого положения являются равномерно твердые известняки, под которыми *нет* более мягкого слоя, легко размываемого рекой (вспомним Ниагару). Кроме того, Рейн несет мало обломочного материала, который мог бы служить режущим инструментом. Ведь Рейн здесь только что покинул Боденское озеро, где задержалась большая часть альпийских галечников, принесенных рекой с верховьев. Только в начальном пери-



Р и с. 10.3. Блокдиаграмма эпигенетического заложения долины у Рейнского водопада. Водопад образовался на склоне первичной долины. β — ε — белая юра; 1 — четвертичные отложения; 2 — моласса; 3 — древнее русло Рейна.

оде истории реки, когда Рейнский ледник еще заполнял Боденское озеро, река транспортировала по дну много гальки; в этот период и произошло основное понижение бровки водопада. Наконец, как считает А. Гейм, существенно уменьшают эрозию густые водоросли. Даже под постоянно текущей водой они образуют на скалах зеленый или бурый, словно кожа, покров.

Расход Рейна резко колеблется не только в течение года, но и от года к году. При этом нужно учитывать, что много воды потребляют всевозможные промышленные предприятия, отнимая ее у водопада. По данным А. Гейма, средний месячный расход Рейна за 1915—1929 гг. составлял (в кубических метрах за секунду):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
230	193	205	279	449	634	628	519	440	351	277	234

Меньше всего воды река несет, следовательно, в феврале, а больше всего — в июне. Наименьший расход — $54 \text{ м}^3/\text{с}$ — был замерен 26 января 1858 г. Колебания расхода Рейнского водопада в общем далеко не так велики, как у других водопадов, особенно если они расположены в областях с засушливым летом (Замбези, Йосемитская долина). Огромная чаша Боденского озера играет здесь роль регулятора стока. В дни низкого стояния уровня воды в реке водопад чуть ли не иссыкает; в обнажившемся

коренном ложе реки под водопадом тогда можно наблюдать многочисленные округлые котлы глубиной до 1 м, высверленные гальками.

Образование Рейнского водопада хорошо вписывается в геологическую временную шкалу. Возник он *после четвертичного оледенения*, после того, как ледник покинул этот район и отступил в Альпы. Произошло это около 10 тыс. лет назад. Сколько времени потребовалось реке, чтобы пропилить мощную толщу ледниковых отложений до уровня твердых морских известняков, сказать трудно, но упомянутая выше цифра (6000 лет) приблизительно правильно отражает длительность этого времени. Таким образом, Рейнский водопад, во всяком случае, моложе известных стоянок раннего каменного века Кеслерлох и Швейцербильд недалеко от Шафхаузена. А. Гейм справедливо отмечает: «Пещерные жители Кеслерлоха еще не слышали и не видели Рейнского водопада».

Рейнский водопад не относится к самым большим водопадам земного шара, но по водоносности и высоте, несомненно, должен быть причислен к наиболее внушительным. К сожалению, местность вокруг него давно — уже к началу каменного века — была заселена. И если замок Лауфен рядом с величественным памятником природы еще «смотрится», то безобразные фабричные здания в его непосредственном соседстве — позорное пятно, смыть которое, увы, невозможно. От былой красоты ландшафта осталось очень мало, ровно столько, чтобы еще привлекать туристов.

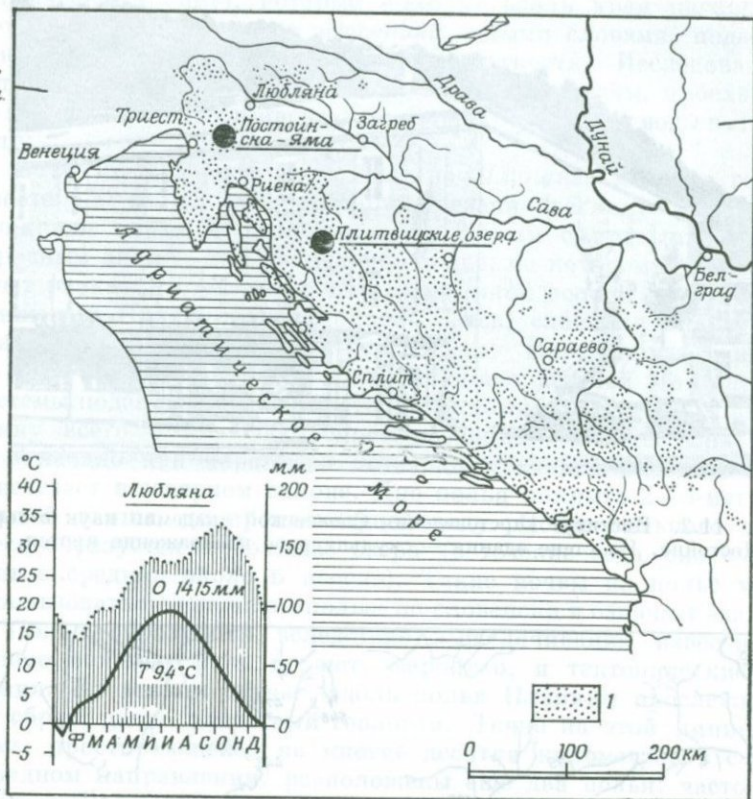
ЗНАМЕНИТЫЕ ПЕЩЕРЫ

Излюбленной целью туристов служат также пещеры. Почти все они находятся в известняковых горах и образовались благодаря тому, что в некоторых местах вода, богатая углекислотой, растворила известняк. Часто выщелоченный известняк снова осаждается в самой пещере, о чем свидетельствуют натечные образования в ней. Эти процессы впервые подробно изучены в карстовых районах Югославии, хотя их можно наблюдать чуть ли не в любой из бесчисленных пещер на земле; поэтому пещеры, подземные реки, натеки принято называть карстовыми явлениями. Знакомство с пещерами лучше всего начать с великолепной Постоинска-Яма (и соседней с ней Шкоцьянска-Яма) в классическом Карсте Словении. Процессы осаждения извести наблюдаются также в реках, текущих по поверхности земли. Поэтому в раздел, посвященный карстовым явлениям, мы включили описание Плитвицких озер¹⁴, где осаждается «известковый туф». Очень своеобразно развитие пещер у морских побережий, как это будет видно на примере Голубого грота на острове Капри.

11. Постоинска-Яма (Словенский Карст)

Важные понятия заимствованы из славянских языков главным образом двумя отраслями геологии: почвоведением (термин «чернозем», пришедший из России) и геологией карста. *Карстом* словенцы называют голые безводные известняковые горы. Геологи перенесли понятие «карст» на все районы земного шара, где наблюдаются *карстовые явления*. Распространенные на плато Карст в Югославии названия «дóлина» (для небольших котловидных впадин), «увал» — для средних по размерам, «полье» — для обширных плоских впадин, «понор» — для карстовых воронок, в которых внезапно исчезают реки, теперь используют и в других карстовых районах. В городе Постоина создан специальный институт Словенской академии наук, в котором изучается карст (рис. 11.2).

Для человека важна — правда, в отрицательном смысле — бедность карста *водой* (рис. 11.3). Хотя дождей в карстовых районах выпадает много, реки на поверхности земли местами совершенно отсутствуют. На участке побережья от Риеки до Котора протяженностью по прямой около 400 км лишь четыре реки достигают моря. Большая часть атмосферных осадков просачивается; реки текут здесь под землей, используя пещеры и другие полости. Из всех карстовых явлений наиболее известны и привлекают особое внимание пещеры. В кадастре пещер одной Словении насчитывается 2550 пещер; одну Постоинска-Яма ежегод-

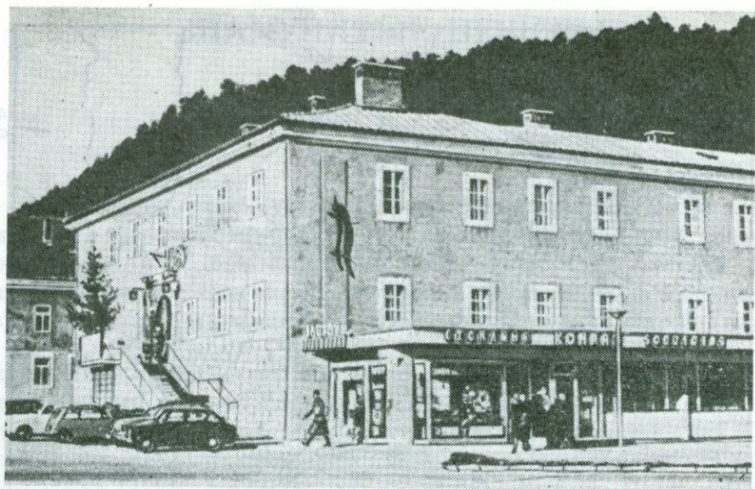


Р и с. 11.1. Местоположение пещеры Постойнска-Яма и Плитвицких озер. Климатодиаграмма для Любляны. Показано также широкое распространение долин в Динарском Карсте.

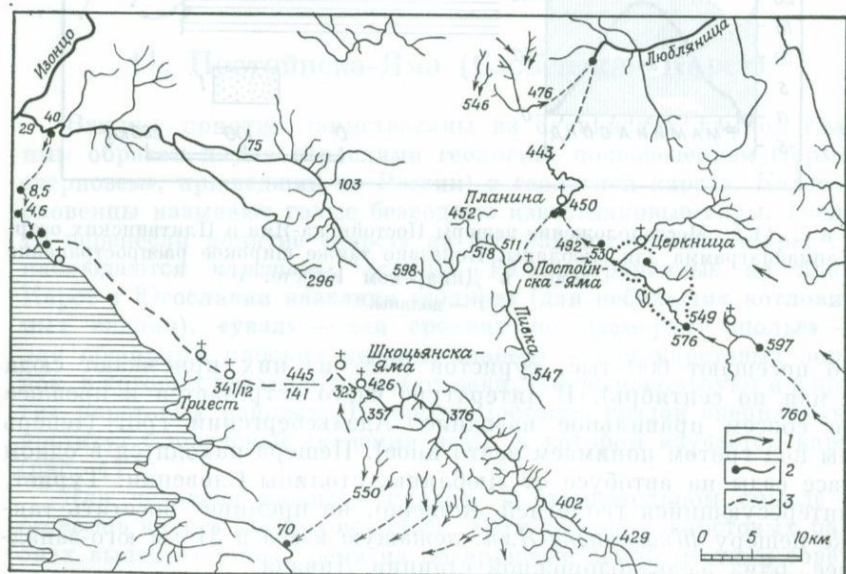
1 — долины.

но посещают 600 тыс. туристов (98% из них приезжают сюда с мая по сентябрь). В литературе часто встречается и прежнее не совсем правильное название: Адельсбергский грот (теперь мы под гротом понимаем нечто иное). Пещера находится в одном часе езды на автобусе от Любляны, столицы Словении. Турист, интересующийся геологией, конечно, не преминет посетить также пещеру *Шкоцьянска-Яма*, лежащую всего в 31 км юго-западнее, близ железнодорожной станции Диваца.

Проезжая по шоссе Любляна — Постойна, можно познакомиться с некоторыми типичными карстовыми явлениями. Из Люблянской котловины, заболоченной на юге и образовавшейся в результате медленного тектонического погружения, дорога ведет в город Врхника, расположенный у подножия известняковых гор. Мощные Люблянские источники (по реке Любляница,



Р и с. 11.2. Институт карстоведения Словенской академии наук в городе Постойна. На стене здания — скульптурное изображение протоя.



Р и с. 11.3. Речная сеть Словенского Карста. Лишь небольшая часть рек течет по поверхности. Пунктиром показаны подземные русла рек. Цифры — высота над уровнем моря; 455/441 — высота поверхности и отметка подземного русла в метрах.

1 — просачивание; 2 — карстовый источник; 3 — подземное русло.

впадающей в Саву), которые выходят вдоль края нагорья, не что иное, как *карстовые источники*, иными словами, подземные реки, изливающиеся здесь на поверхность. Исследованиями установлено, что река Пивка, которую мы увидим, проехав еще 20 км, в пещере Постойнска-Яма, также несет свои воды в Люблиницу.

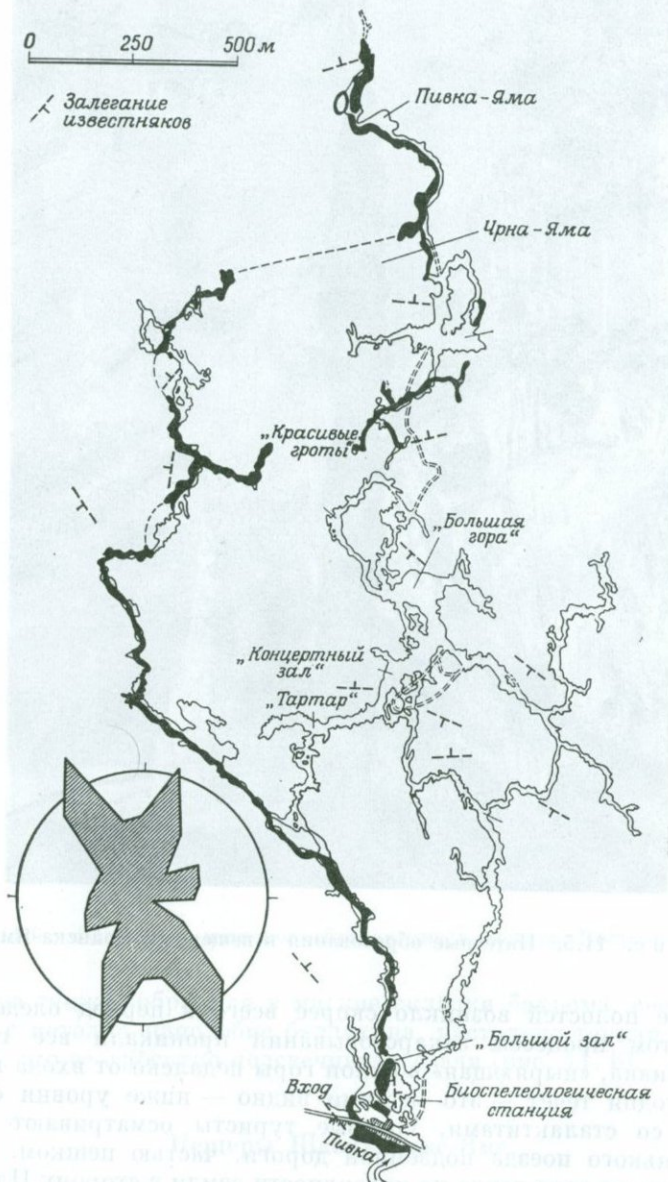
В 10 км севернее Постойны, на *Планине*, посреди гор на высоте 450 м над уровнем моря внезапно взгляду открывается обширная впадина размером $4,5 \times 2,5$ км с крутыми бортами и ровным дном — так называемое *полье*, по которому, извиваясь, течет речка; это наземная часть подземной водной артерии, соединяющей Пивку с Люблиницей. Здесь, словно в окно, виден участок подземной речной сети карста. Народ этого, конечно, не знал (да и сейчас ученые еще не знают деталей этой сложной системы подземных водных артерий) и потому дал речке, имеющей длину всего 5 км, собственное название — Уница. Она берет свое начало как карстовый источник у южной окраины поля и исчезает в северном склоне. Дно поля покрыто 2—5-метровой толщей глины, не пропускающей воду. После сильного дождя здесь образуется небольшое озеро (в течение года оно существует в среднем около 6 недель). Такие почвы на полье можно использовать под пашню; «полье» по-словенски и означает «пашня».

Поля образуются вследствие выщелачивания известняков, однако важную роль играют, вероятно, и тектонические движения. Во всяком случае, вдоль поля Планины прослеживается сброс, давно известный геологам. Точно на этой линии разлома, простирающейся на многие десятки километров в северо-западном направлении, расположены еще два поля: часто упоминаемое в литературе периодически высыхающее *озеро Церкница*, на котором можно «рыбачить, охотиться и собирать урожай», и полье Лож; кроме того, дальше к северо-западу на этой же тектонической линии находится известное с древних времен Идрийское месторождение ртути.

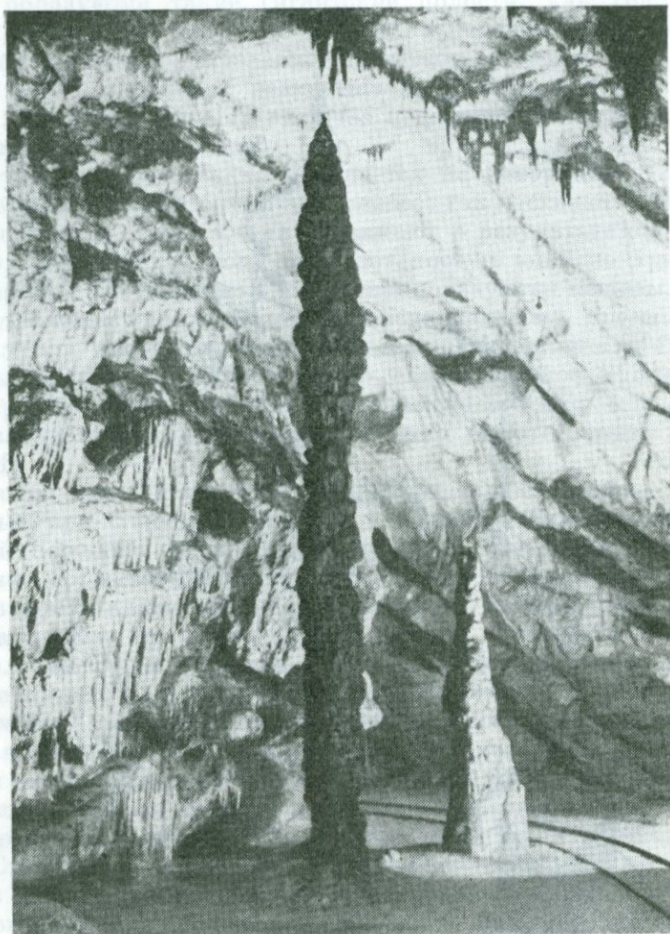
На всем пути (да и вообще в любом карстовом районе) особенно часто видны *облины*: воронкообразные углубления диаметром от десяти до нескольких десятков метров. Даже на небольшой площади их можно насчитать сотни. Часто в них накапливается немного земли (иногда не без помощи человека), и тогда долина превращается в крохотную пашню.

Все карстовые явления связаны в конечном итоге с тем, что вода способна *растворять известняк*, правда, если она содержит двуокись углерода (CO_2 , углекислоту). При воздействии CO_2 на известняк (CaCO_3) образуется растворимое в воде соединение — $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$. Обычно же известняк в воде практически нерастворим. Но CO_2 в природе встречается часто — она содержится в воздухе и образуется при гниении остатков растений.

Растворение известняка происходит очень медленно, но промежутков в 10 или 100 тыс. лет в геологическом масштабе времени



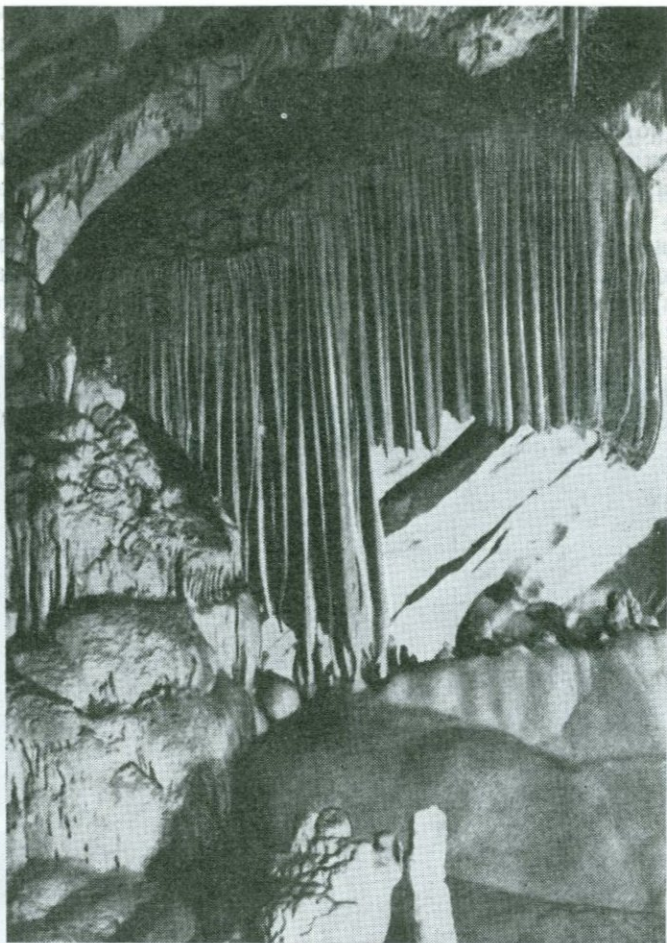
Р и с. 11.4. План пещеры Постойнска-Яма. Показаны элементы залегания известняков (мелового возраста) и диаграмма азимутов ходов пещеры. Черным обозначены подземные русла рек (известные), пунктиром — предполагаемые связи подземных водных артерий.



Р и с. 11.5. Натечные образования в пещере Постоянска-Яма.

ство же полостей возникло скорее всего в период оледенения. При этом процессы закарстовывания проникали все глубже. Река Пивка, «ныряющая» в склон горы недалеко от входа в пещеру, сегодня течет — это местами видно — ниже уровня «сухих» пещер со сталактитами, которые туристы осматривают частью с маленького поезда подземной дороги, частью пешком. Первоначально же река текла по поверхности земли в сторону Планины.

Одного взгляда на потолок пещеры достаточно, чтобы установить, что расположение сталактитов тоже связано с трещинами — местами они образуют ряды, так как капающая с потолка вода выступает по трещинам. Кроме сталактитов и сталагмитов, на стенах пещеры видны натечные образования в виде покровов,



Р и с. 11.6. «Занавес» — натечное образование в пещере Постоянска-Яма.

а иногда также собранная в мягкие складки бахромы, свешивающаяся с потолка наподобие балдахина, настолько тонкая и прозрачная, что ее эффектно подсвечивают сзади (рис. 11. 6).

Пещеры Шкоцьянске-Яме

Постоянска-Яма относится, если можно так сказать, к приятным пещерам, где без труда можно любоваться бесконечным разнообразием фантастических натечных форм. В расположенных недалеко отсюда пещерах Шкоцьянске-Яме, напротив, поражает прежде всего суровость картины подземного царства. Ста-

лагмитов и сталактитов здесь меньше, хотя также встречаются любопытные формы, например изумительной красоты натечные террасы. Шкоцьянске-Яме открывают перед любителем природы другие захватывающие страницы истории образования пещер. Таким образом обе системы пещер удачно дополняют одна другую, а, с точки зрения геолога, пещеры Шкоцьянске-Яме, может быть, даже привлекательнее Постоянска-Яма. Самое интересное состоит в том, что здесь можно проследить, как *пещерная река* внезапно исчезает с поверхности и течет дальше подземными путями (рис. 11.7—11.8). «Река», так же как в русском языке, — имя нарицательное, но в бедных водой карстовых районах река значит так много, что это слово стало именем собственным. Река берет свое начало на горе Снежник (1026 м), характерная вершина которой хорошо видна на горизонте, если стать спиной к входу в пещеру. До пещеры Река течет по мергелям (флишу) и представляет обычный водоток на поверхности земли, но затем

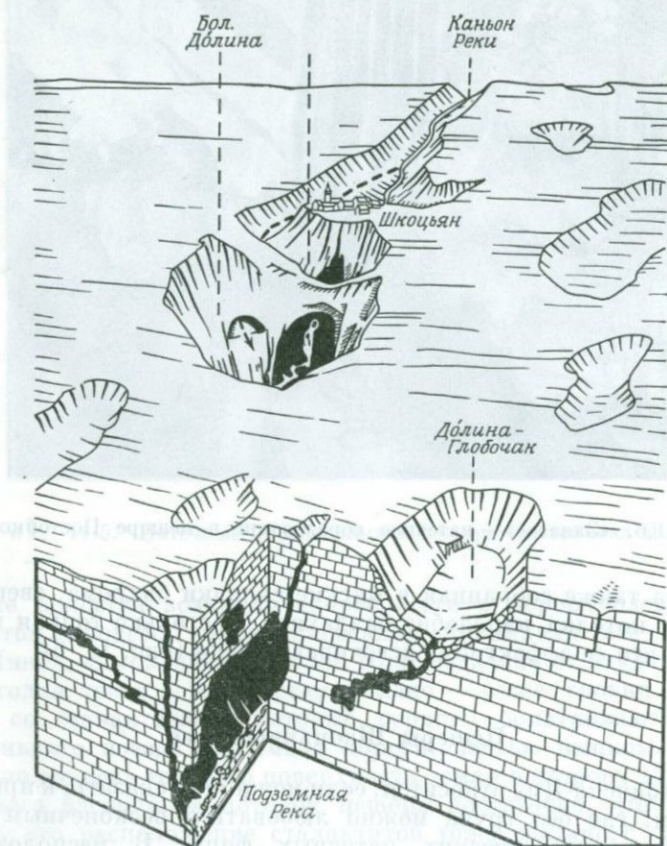
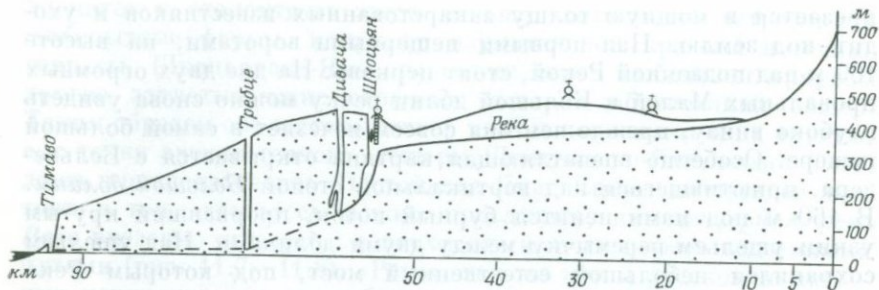


Рис 11.7. Пещера Шкоцьянска-Яма. На блокдиаграмме видны также характерные формы карста (образование пещер, провальные долины).

врезается в мощную толщу закарстованных известняков и уходит под землю. Над первыми пещерными воротами, на высоте 109 м над подземной Рекой, стоит церковь. На дне двух огромных провальных Малой и Большой долин речку можно снова увидеть глубоко внизу, прежде чем она совсем исчезнет в самой большой пещере. Особенно впечатляющая картина открывается с Бельведера, приютившегося над вертикальной стеной *Большой долины*. В 160 м под нами пенится бурный поток, прорвавший крутым узким ущельем перемычку между двумя долинами. Над ущельем сохранился небольшой естественный мост, под которым Река образует довольно высокий водопад.



Р и с. 11.8. Подземное ущелье Реки.



Р и с. 11.9. Продольный профиль реки Река от верховьев до устья (у города Триест). Вертикальный масштаб увеличен в 40 раз.

Обе долины примечательны и в ботаническом отношении. На их крутых скалистых склонах на маленькой площади поселились представители самых разных флористических областей: *Ostrya carpinifolia* (Иллирийская область) *Cyclamen purpurascens* (Средиземноморская), *Euphrasia tatarica* (Паннионская). Кроме того, здесь можно встретить реликтовые растения ледникового периода: *Primula auricula bauhinii*, *Saxifraga incrustata*, *Viola biflora* и др.

Подземный путь речки спелеологам удалось проследить почти на 3 км. Но для туристов доступна лишь половина его. Узкая тропинка в пещере лепится по высокому крутым, местами нависающим скалистым обрывам извилистого каньона, слабо освещенная электрическими лампочками, отбрасывающими призрачные тени; снизу из темноты доносится только непрерывный гул бурной Реки. На головокружительной высоте, в 70 м над кипящим потоком, по узкому мостику можно перейти на другую сторону мрачной бездны. *Более фантастическое путешествие по подземному царству трудно себе представить.*

В создании подземного ущелья в известняках принимало участие, конечно, не одно химическое растворение, большую роль играла также обычная механическая эрозия воды. Падение ее в пределах пещеры очень большое — 6,3 м на 100 м. Как и в пещере Постоянска-Яма, здесь река врезалась все глубже, причем преимущественно в ледниковый период. Между прочим, после сильных дождей и во время таяния снега уровень реки иногда резко повышается: так, в 1826 г. он поднялся на 70 м! Большая долина превратилась тогда в глубокое озеро.

Еще в древности предполагали, что Река снова выходит на поверхность в виде мощных источников Тимаво северо-западнее Триеста, в 2 км от побережья Адриатического моря, у Дуино. Опыты, проведенные с мечеными угрями, флуоресцином, а в последнее время с тритием (радиоактивный изотоп водорода), подтвердили это предположение, но детали подземного пути еще не

выяснены. Только два естественных «колодца» глубиной более 300 м у Диваца и Гребце позволяют приблизительно установить положение подземной водной артерии. От поселка Шкоцьянск до Дуино по прямой линии всего 39 км; падение реки на этом участке составляет 327 м. Вода проходит его за 8 суток, что соответствует средней скорости течения 5—6 см в секунду (рис. 11.9).

Пещерная фауна

К чудесам пещер, и прежде всего пещеры Постойнска-Яма, относится их довольно разнообразный, как это ни странно, *животный мир*. Правда, в большинстве случаев это случайные «жители», обитающие недалеко от входа в пещеру (к ним относится, например, пещерный медведь ледникового времени). Особый интерес представляют собственно *троглобионты* — животные, «обитающие только в пещерах», главным образом мелкие ракообразные, пауки и насекомые. Пещерные условия благоприятны для их существования тем, что температура здесь из года в год остается постоянной — около 8—9°. Некоторые животные лишены зрения — приспособление к полной темноте. Если считать, что закарстовывание и, следовательно, образование пещер началось в раннетретичном периоде, то следует предположить, что развитие таких приспособившихся к экстремальным условиям троглобионтов произошло в течение всего нескольких миллионов лет.

Наиболее известным среди этих животных, несомненно, является слепой, почти лишенный пигмента *европейский протей*



Рис. 11.10. Распространение протей (*Proteus*) и его третичного предка *Palaeoproteus* в Европе, а также близкого ему рода *Necturus* в Северной Америке. Показано также распространение современной гигантской саламандры (*Crypto-* и *Megalobranchus*) в Восточной Азии и Северной Америке и ее вымерших представителей (*Andrias*) в Европе. Прекрасный пример разорванного ареала (области распространения) близкородственных животных.

1 — *Proteus*; 2 — *Necturus*; 3 — *Palaeoproteus*; 4 — гигантская саламандра (*Crypto-* и *Megalobranchus*); 5 — *Andrias*.

(*Proteus anguinus*),⁷ достигающий в длину 20—30 см. В пещерах Постойнска-Яма и Шкоцьянска-Яме протеев показывают туристам в маленьких бассейнах; истинное же их местообитание точно не известно (рис. 11.10). В доступных наблюдению водах пещер протей не встречается. Научное название дано ему еще в 1768 г.; связано оно с именем греческого бога Протея, способного принимать различные образы; это божество было крестным отцом и у семейства растений *Proteaceae* (мы встретимся с ним еще раз на мысе Доброй Надежды). Видовое название *anguinus* означает «змееобразный». Сначала животных считали ящерицами или маленькими «драконами», но уже в XVIII веке их отнесли к хвостатым земноводным; правда, еще Линней считал, что это личинка, поскольку у нее есть жабры. Способ его размножения долгое время оставался спорным. Теперь же известно, что в пещерах у него рождаются живые детеныши, в других же условиях (при более высокой температуре) он откладывает яйца. Европейский протей широко распространен в пещерах Югославии и стал своего рода символом местных исследователей карста (рис. 11.2). В Европе у него уже нет близких родственников, но в Северной Америке они известны (например, обитающий не в пещерах американский протей *Necturus*). *Proteus* считается реликтовым видом, сохранившимся с третичного периода. Разорванный ареал обоих современных родов протеев некоторые исследователи рассматривают как доказательство дрейфа континентов. На карте (рис. 11.10) показано также разобщенное распространение другой группы хвостатых земноводных, а именно саламандр (*Cryptobranchus* в Японии, *Megalobatrachus* — в США а также третичного рода *Andrias*); ископаемый третичный вид *Andrias scheuchzeri*, найденный в отложениях Энингена (район Боденского озера), стал широко известным благодаря работе цюрихского врача Шейхцера, который в 1726 г. описал его как *Homo diluvii testis*, как «бранные остатки несчастного грешника, утонувшего при всемирном потопе»!

12. Голубой грот на острове Капри (Италия)

(Местоположение см. рис. 12.1)

Остров Капри по разнообразию горных пород не может соперничать с другими участками Неаполитанского залива. Он не вулканического происхождения (в отличие от соседнего с ним острова Искья), а сложен мезозойскими известняками. Но живописность его положения, белых скал, обрывающихся к морю, и не в последнюю очередь Голубой грот все еще из года в год привлекают бесчисленные толпы туристов. Конечно, от прежней красоты этого средиземноморского ландшафта, восхищавшего Августа и Тиберия, Максима Горького и Ленина, теперь уже почти ничего не осталось; посещение *Grotta azzurra* у многих со-

хранится в памяти не как романтическое событие, а как прозаическое «мероприятие» предприимчивых дельцов от туризма. Но все же приведем цитату из книги австрийского спелеолога Г. Кирле, исследовавшего в 30-х годах нашего столетия пещеры острова Капри (см. рис. 12.1): «Действительно, узкий таинственный вход, гигантские размеры Голубого храма, восхитительная темно-синяя окраска воды и серебристо-белое свечение предметов, опущенных в нее, представляют величайшее чудо природы».

Местные рыбаки, несомненно, уже давно знали о существовании пещеры, но редко кто заплывал в нее. Известность приобрела она, видимо, только в 1826 г. благодаря описанию немецкого художника и поэта А. Кюпиша.

Одно из особых своеобразий пещеры, из-за которого она практически не была известна до восторженного сообщения Кюпиша, состоит в ее «таинственном входе». Этот вход (рис. 12.2), «окно» в береговой скале, имеет размеры 2×2 м, причем часть «окна» затоплена морем. Высота собственно прохода не превышает 1 м, и попасть в грот можно только на очень плоских и низких лодках. Даже при слабом волнении проникнуть в пещеру трудно, поэтому для удобства маневрирования к потолку прикреплена цепь. Вход не вырублен в скале, а представляет естественное эрозионное окно, созданное волнами в утесе, отделяющем грот от моря.

Непосредственно под «окном», служащим входом, находится другое «окно», из лодки непосредственно не видимое, высотой около 19 м; книзу ширина его увеличивается. Оба «окна» разделяет лишь узкая скальная перемычка. Существованием этого нижнего отверстия объясняется самая привлекательная особенность Grotta azzurra — его голубой цвет.

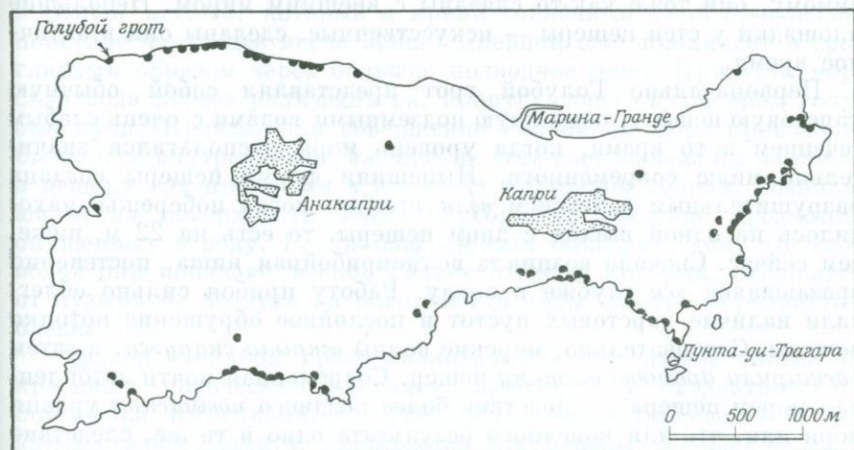
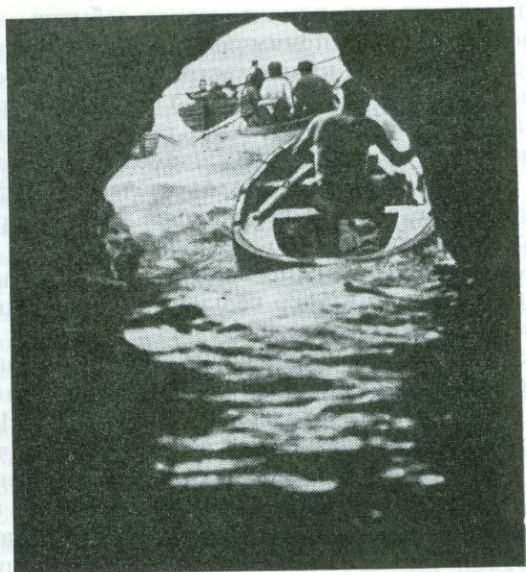


Рис. 12.1. Пещеры острова Капри. Большинство из них (как и Голубой грот) расположены у крутого скалистого побережья.

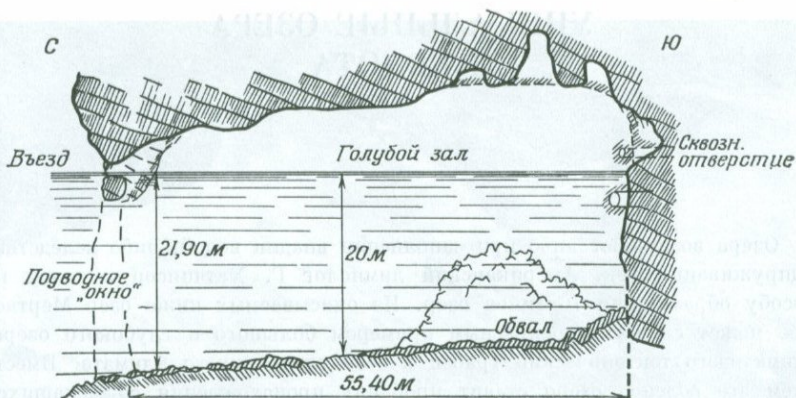


Р и с. 12.2. Вид из Голубого грота через «окно» в скале.

Миновав вход, мы попадаем в собственно пещеру — огромный, залитый морем *Голубой храм* (рис. 12.3) длиной 60 и максимальной шириной 25 м. Потолок находится на высоте 7—14 м над зеркалом воды, глубина достигает у входа 22, а у задней стены 14 м. Таким образом, общая высота грота превышает 35 м. К Голубому храму примыкают несколько небольших пещер. По-видимому, они тоже как-то связаны с внешним миром. Небольшие площадки у стен пещеры — искусственные, сделаны они в античное время.

Первоначально Голубой грот представлял собой обычную карстовую пещеру, созданную подземными водами с очень слабым течением в то время, когда уровень моря располагался значительно ниже современного. Нынешняя форма пещеры создана разрушительным действием *волн прибое*, когда побережье находилось на одной высоте с дном пещеры, то есть на 22 м ниже, чем сейчас. Сначала возникла волноприбойная ниша, постепенно врезавшаяся все глубже в скалу. Работу прибое сильно облегчали наличие карстовых пустот и послойное обрушение потолка пещеры. Следовательно, морские волны *вскрыли снаружи*, а затем *расширили древнюю систему* пещер. Современная почти затопленная морем пещера — следствие более позднего *повышения* уровня моря или, что для конечного результата одно и то же, следствие опускания побережья.

Прежде считали, что затопление пещеры морем произошло после эпохи Древнего Рима, и потому она раньше не была извест-



Р и с. 12.3. Разрез Голубого грота.

на как Голубой грот. Но после исследований Кирле нужно предположить, что уровень моря находился на современной высоте уже в античное время. Иными словами, затопление пещеры произошло значительно раньше.

Сейчас пока еще вряд ли можно определить хронологию разных стадий образования пещеры, хотя известно, что в последнем ледниковом периоде уровень моря на всем земном шаре был значительно ниже, чем в настоящее время, и что затем он сильно поднялся (местами даже выше современного!). Но ведь побережье залива и близлежащие районы испытывали также собственные колебания. Во всяком случае, образование основной полости Голубого грота произошло более 10 тыс. лет назад.

Еще несколько слов об оптическом явлении, о голубом свете в *Grotta azzurra*, который в яркий солнечный день производит поистине чарующее впечатление. Дневной свет проникает в грот главным образом через большое подводное окно. При этом морская вода играет роль фильтра, пропускающего в основном голубые лучи. Правда, при совершенно спокойном море произошло бы полное внутреннее отражение, то есть свет вообще бы не попал в пещеру. Он проникает в нее лишь благодаря волнам, возникающим на поверхности воды. Серебристое свечение предметов, опущенных в воду, Г. Джиганфранцези объясняет тем, что «под водой они попадают в сноп сильного света, который, отражаясь от пузырьков воздуха на поверхности воды, создает серебристый блеск».

Другой «голубой грот» аналогичного строения с таким же красивым оптическим явлением находится у Адриатического побережья Югославии, на одиноком острове Бишево, в 70 км юго-восточнее Сплита. Называется эта пещера *Модра-Спилья*.

УНИКАЛЬНЫЕ ОЗЕРА И БОЛОТА

Озера возникают либо при заполнении впадин водой, либо вследствие подпрудживания рек. Американский лимнолог Г. Хатчинсон выделил по способу образования 76 типов озер. Из описываемых ниже озер Мертвое море может служить прекрасным примером большого и глубокого озера, занимающего тектонический грабен в зоне очень сухого климата. Вместе с тем это соленое озеро ставит проблему происхождения содержащихся в нем солей и является относительно древним водоемом, сформировавшимся при весьма изменчивом климате; наконец, оно имеет и промышленное значение.

Плявицские озера почти во всех отношениях представляют противоположный тип: это молодые и очень маленькие озера влажного климатического района, подпрудженные естественной плотиной из известкового туфа. Озера, занимающие древние ледниковые долины в типичном ландшафте ледникового периода, встречаются, в частности, в Андах Южной Америки (рис. 22.14).

С течением времени озера заиливаются и могут превратиться в болота. Эверглейде во Флориде — пример обширного заболоченного района, расположенного непосредственно у морского побережья и характеризующегося почти тропическим климатом. Обнаруженные здесь разнообразные торфяники позволяют делать важные выводы об образовании углей Европы, таких, как бурые угли Гейзельталя (ГДР)³⁵.

13. Мертвое море (Израиль — Иордания)

Древнейшее письменное упоминание об этом геологическом памятнике природы встречается в Ветхом Завете, где можно найти и название «Соленое море». Во всяком случае, соль — наиболее характерный признак этого озера, широко известного также из-за большой глубины и не в последнюю очередь из-за происхождения и положения в большом грабене. В общем это, вероятно, *самое своеобразное из крупных озер на земле*.

Мертвое море расположено в *тектонической грабеновой зоне* длиной около 600, но шириной всего 10—20 км, которая ответвляется от грабена Красного моря и протягивается в северном направлении через залив Акаба, пустынную долину Вади-эль-Араба, Мертвое море, долину Иордана, Тивериадское озеро и впадину Хула почти до хребта Хермон. Таким образом южный отрезок грабеновой зоны затоплен морем. Значительно ниже уровня океана расположено и Мертвое море (так же, как примы-

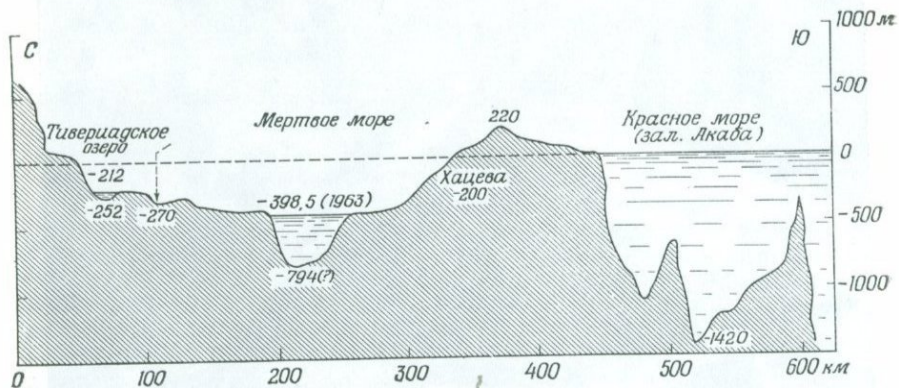


Р и с. 13.1. Картина системы больших грабенов, сфотографированная искусственным спутником («Джемини-11»): Суэцкий залив и залив Акаба — сухое русло Араба — Мертвое море — река Иордан — Тивериадское озеро.

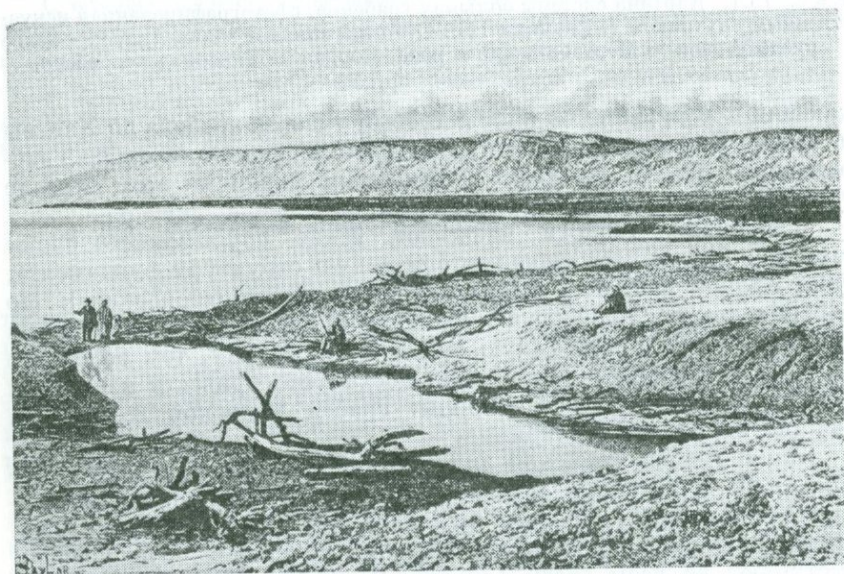
кающий к нему с юга 35-километровый участок грабена до Хацевы и долина Иордана до пункта, лежащего несколько севернее Тивериадского озера). Но связь с открытым морем на этом отрезке грабена нарушена возвышенностями.

«Грабенами» геологи называют узкие *опустившиеся* блоки земной коры, изменяющие тектоническую структуру фундамента; края блоков являются плоскостями смещения («сбросами»). Но картина такого грабенового ландшафта очень часто похожа на обычную глубоко врезанную эрозионную долину, тем более что по грабенам нередко текут реки; достаточно привести известный пример из Центральной Европы: грабен Рейнской долины на участке от Базеля до Майнца.

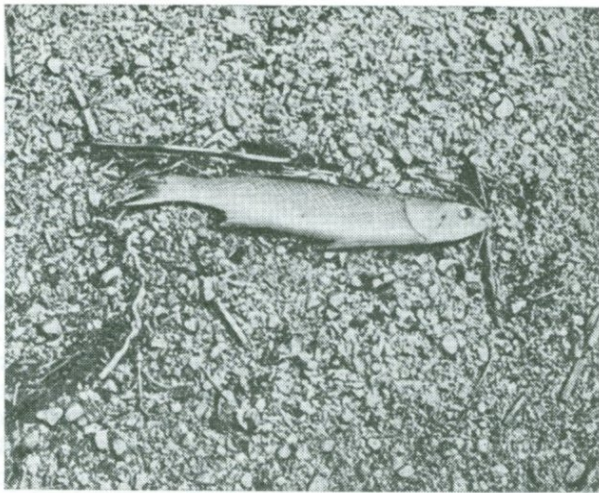
Как и грабен Рейнской долины, впадина-грабен между заливом Акаба и истоками Иордана у подножия Хермона представляет очень *резкую «морщину» на лице Земли*. На панорамных фотоснимках, сделанных с искусственных спутников, эти грабены выступают во всем своем величии (рис. 13.1). При поездке по шоссе от Эйлата до Мертвого моря, по его побережью, затем по долине Нижнего Иордана и около Тивериадского озера и, наконец, по некогда заболоченной, теперь, правда, возделанной впадине Хула взору открывается одна и та же наглядная кар-



Р и с. 13.2. Продольный профиль от Тивериадского озера до залива Акаба. Зеркала озер расположены ниже уровня Красного моря. Вертикальный масштаб увеличен в 100 раз.



Р и с. 13.3. Вид на Мертвое море с его северной оконечности. Справа — крутой западный борт грабена (район Кумрана).



Р и с. 13.4. Мертвая рыба на берегу Мертвого моря вблизи устья Иордана. В соленой воде Мертвого моря животные жить не могут. Рыбы, вынесенные в «море» рекой Иордан, погибают.

тина прямолинейной долины-впадины с бортами разной высоты (рис. 13.2—13.3)¹.

Фантастическая панорама разворачивается с бесчисленных серпантинных шоссе, которое ведет от города Арад (в 40 км восточнее Беэр-Шева) по голым желтоватым и бурым скалистым склонам, сложенным породами мелового возраста, вниз на 1200 м к берегу Мертвого моря. Вы пересекаете плато, расположенное почти точно *на уровне моря*, зеркало озера находится на 400 м ниже! Кругом безжизненная, пышущая жаром пустыня. Но вид на Мертвое море не такой безотрадный, как может показаться, судя по названию. Длинная полоса водной глади отликает синевой, синими кажутся при хорошей видимости и горы Иордании, лежащие в 20 км восточнее, на другом берегу Мертвого моря. Создается впечатление, что вы не в пустыне, а у какого-нибудь большого озера в Альпах. Ведь с высоты не видно, что вода «мертвая», совершенно лишена (анаэробные бактерии не в счет) жизни (рис. 13.4).

Мертвое море длиной 80 км и площадью около 940 км² состоит из двух почти разделенных котловин (северной и южной),

¹ Между прочим, аналогичную картину можно наблюдать на южном продолжении системы грабенов Мертвого моря — в восточноафриканских, частично также занятых озерами (Танганьика и другие), грабенах. Очень легко доступны они у Найроби: по прекрасной автострате менее чем за час вы доберетесь до крутого сбросового уступа «рифтовой долины» и изобилующего птицами озера Наиваши.

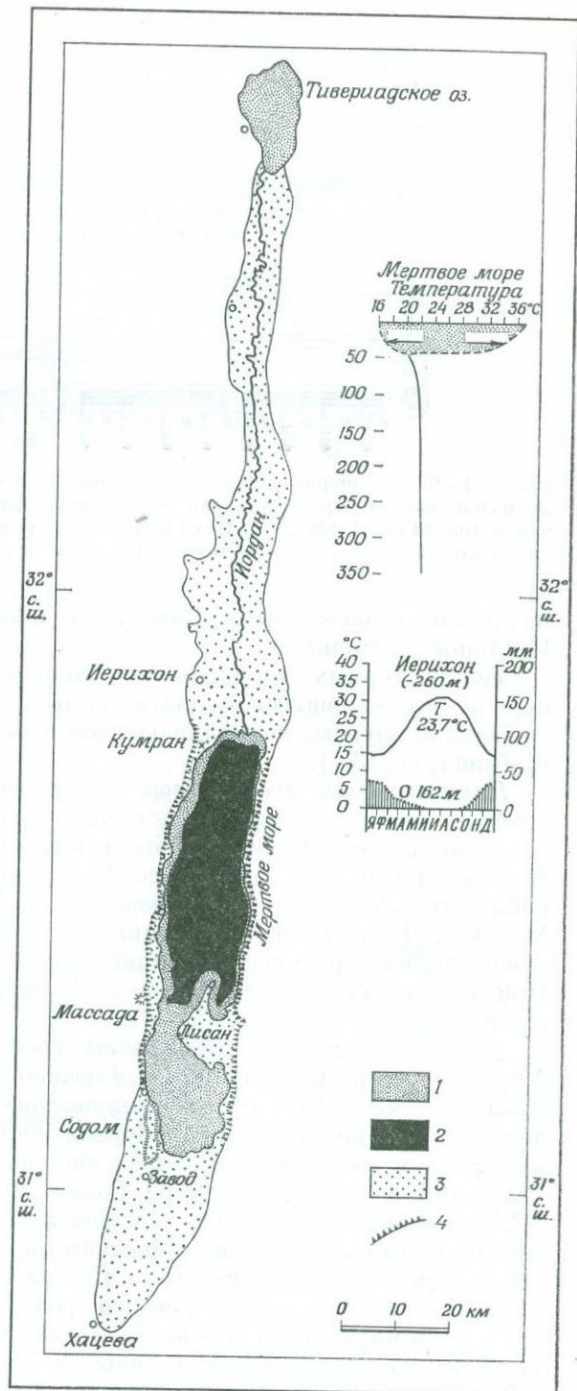
между которыми с востока вклинивается плоский полуостров Эль-Лисан («лисан» — по-арабски язык). В 1963 г. абсолютная высота зеркала Мертвого моря была — 398,5 м (высота непостоянная, а колеблется в пределах нескольких метров в зависимости от количества атмосферных осадков, выпадающих в течение года). Следовательно, оно находится почти на 400 м ниже уровня Средиземного моря, лежащего всего в 75 км западнее. Южная котловина очень плоская и имеет глубину всего несколько метров; это облегчило возведение протягивающегося в озеро 24-километрового мола, построенного для добычи калийной соли. Но глубина северной котловины достигает почти 400 м. Отметка *самого глубокого* места котловины, измеренная в 1848 г. У. Линчем, равна — 794 м. Правда, последние эхолотные промеры дали только — 725 м. Между прочим, при промерах эхолотом нужно учитывать, что скорость распространения звука в воде, содержащей очень много соли, на 12% выше, чем в обычной океанской воде. Во всяком случае, Мертвое море относится к самым глубоким озерам мира. Лишь немногие из них глубже — это Байкал и Каспийское море. Но по высоте уровня воды, имеющего отметку — 398 м, Мертвое море держит абсолютный мировой рекорд; редкие *поселения на его побережьях* — самые низкорасположенные на земном шаре.

В течение геологической истории Земли уровень озера очень резко *колебался*, помимо уже упомянутых небольших колебаний из года в год (рис. 13.5). Около 23 тыс. лет назад он был на 200 м выше, чем сейчас, а позднее временами опускался на 300 м ниже современной его отметки. Еще в историческое время (возможно, во времена крестовых походов) плоская южная котловина, вероятно, была сухой.

Здесь уместно остановиться на *гибели Содома и Гоморры*, возможно лежавших в пределах южной котловины. Разрушение городов (около 1900 г. до н. э.) вряд ли связано с ее затоплением, скорее всего речь может идти о катастрофе, вызванной землетрясением. Ряд геологических исследований как будто подтверждает такой вывод. Правда, в настоящее время этот район отнюдь не относится к сейсмически активным, но в Библии упоминается несколько разрушительных землетрясений. Особенно широко известно землетрясение, происшедшее, по легенде, в день смерти Христа, увековеченное в оратории Баха «Страсти по Матфею» (рис. 13.6).

Температура воды изменяется в верхних 40 м по временам года (у поверхности от 16 до 36°), но ниже, до самого дна, постоянна (21°) (см. диаграмму на рис. 13.5).

На побережье самая высокая когда-либо измеренная температура 51°. *Атмосферных осадков* выпадает здесь очень мало — у южной оконечности Мертвого моря в среднем за год около 50—60 мм. Тем не менее у западного борта грабена на поверхность выходят несколько карстовых источников, питающихся в районах с более обильными осадками. У источников возникают



Р и с. 13.5. Колебания уровня Мертвого моря. Еще в историческое время уровень озера был значительно ниже современного (южная котловина Мертвого моря была сушей!), а во время последнего оледенения — намного выше («Лисанское море» простиралось до Тивериадского озера). Справа — кривая температуры Мертвого моря и климатограмма для Иерихона.

1 — современные озера: Мертвое море (—398 м), Тивериадское озеро (—212 м);
 2 — Мертвое море в VI веке н. э. (—435 м); 3 — «Лисанское море» во время последнего оледенения (—175 м);
 4 — береговой обрыв.



Р и с. 13.6. Землетрясение у грабена Мертвого моря (по библейской легенде, в день смерти Христа), отраженное в известном музыкальном произведении «Страсти по Матфею» И. Баха (отрывок из оратории). Внезапные подвижки по краям грабена и в настоящее время иногда вызывают землетрясения.

маленькие оазисы; очень живописен, например, оазис в ущелье Козлиного источника.

Толщи горных пород можно подразделить на *две группы*: породы, отложившиеся задолго до образования тектонического грабена, и породы, накапливавшиеся в медленно погружавшемся грабене (рис. 13.7).

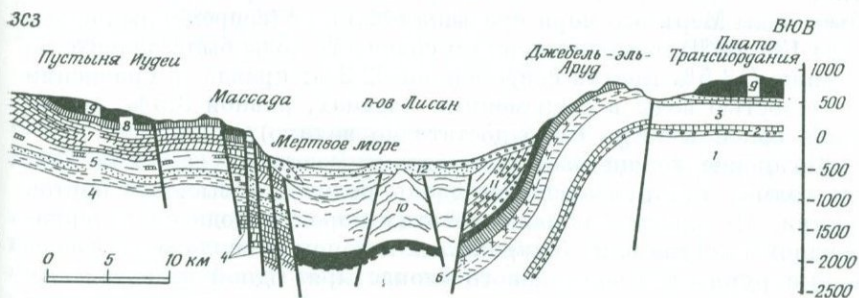
Комплекс более древних пород, служащих основанием района грабена Мертвого моря, представлен сравнительно полого залегающими известняками и доломитами *позднего мелового времени*. Поездка по прибрежным шоссе дает прекрасную возможность наблюдать обнажения этих древних пород, например, в массиве Массада. И вообще известняки мелового возраста являются самой широко распространенной горной породой в Палестине. При раскопках в пещерах горы Кармель найдены интересные орудия каменного века.

Молодые отложения в пределах грабена являются осадками Мертвого моря, местами они заключают пласты каменной соли. Скважина «Эль-Лисан» (на полуострове Эль-Лисан), которая достигла глубины 3672 м, пробурена почти полностью по каменной соли и ангидриту. Изборожденная глубокими небольшими ущельями и промоинами гора Содом, имеющая 10 км в длину и 200 м в высоту, частично сложена такими же породами. Образовались эти соли в *древнем* Мертвом море. В то время, вероятно, еще существовала его связь со Средиземным морем; во всяком случае, расчлененного гористого рельефа, который разделяет сейчас оба моря, тогда еще не было. Очевидно, соленосные породы были выжаты снизу в виде отдельных «пробок», своего рода *соляных куполов* («диашировых складок»). В обнажениях на склонах

горы Содом отчетливо видно, что в настоящее время некоторые слои «поставлены на голову» (рис. 13.8). Таким образом, большая мощность отложений, вскрытых скважиной, представляет не первоначальную мощность, а обусловлена сильно нарушенным залеганием пород.

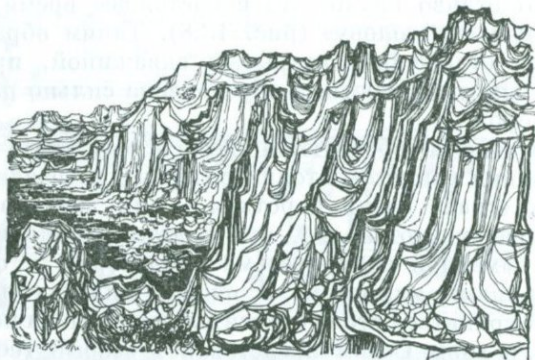
Некоторые «скалы» образуются здесь в результате выветривания и размывания глинистых толщ, содержащих различные соли. Жизнь таких «скал» очень короткая — они возникают так же быстро, как разрушаются. То, что в этом районе встречаются и скалы из каменной соли, весьма характерно и объясняется крайне засушливым климатом. В наших широтах пласты соли не могли бы сохраниться столь относительно долго на поверхности. Каменная соль горы Содом представляет особый геологический интерес потому, что возраст соли не так легко установить. Прежде ее считали даже кембрийской, но теперь предполагается, что соль образовалась в плиоцене — начале четвертичного периода. Стало быть, разница в оценке возраста составляет ни много ни мало полмиллиарда лет — вот сколь неточными иногда бывают определения геологического возраста!

Над содомскими соленосными толщами, а также в других районах широко распространены беловатые или серые тонкослоистые пласты мергелей и гипса (*формація Лисан*). Они отложились в солоноватой воде, содержавшей меньше солей, чем вода современного Мертвого моря. Из чередования таких пластов и слоев чистой соли можно заключить, что климат *изменялся* с течением времени от сравнительно влажного до очень сухого (рис. 13.9). Для последних 100 тыс. лет установлена следующая смена климатических условий:



Р и с. 13.7. Геологический разрез Мертвого моря. Меловые отложения в горах Иудеи и Трансиордания глубоко опущены по сбросам. Тектоническая структура района очень сложная и лишь частично выяснена благодаря глубоким скважинам, пробуренным на нефть. Молодые соляные толщи в виде штоков (диапиров) выжаты вверх, например, под полуостровом Лисан (аналогично и происхождение горы Содом!).

1 — докембрий; 2 — кембрий; 3 — нубийский песчаник; 4 — юра; 5 — нижний мел; 6 — вулканиты; 7—9 — верхний мел (7 — сеноман; 8 — турон; 9 — сенон); 10 — содомские слои; 11 — конгломераты; 12 — лисанские слои.

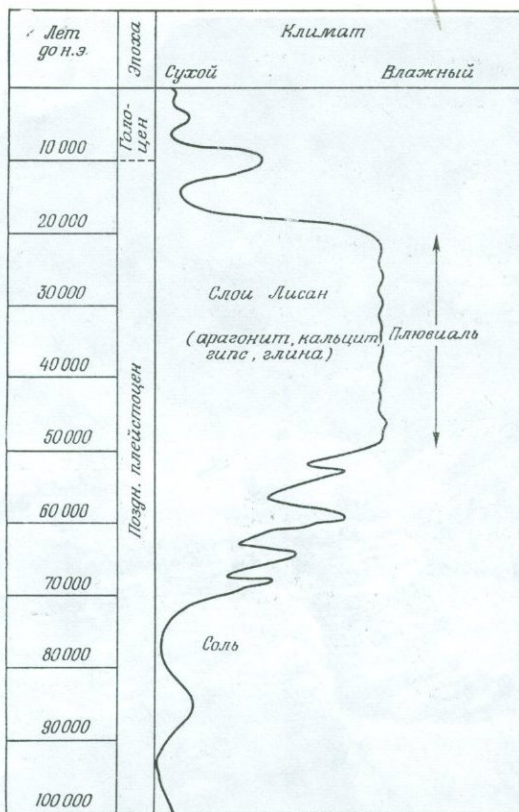


Р и с. 13.8. Гора Содом глазами художника. Выжатая снизу соляная диапировая складка на несколько сотен метров возвышается над дном грабена. Слои местами стоят вертикально и сильно размыты.

- 1) сухой период, видимо соответствовавший последнему «межледниковью» в наших широтах;
- 2) 60—20 тыс. лет назад — влажный период (лисанский век), по времени приблизительно совпадавший с последним оледенением в Центральной Европе;

3) 10—20 тыс. лет назад начался современный сухой период. Таким образом, время последнего оледенения в наших широтах в районе Мертвого моря было влажным периодом (*плювиальный век*). Предполагают, что уровень Мертвого моря в этом «лисанском плювиале» был на 200 м выше, чем ныне, и что, следовательно, это «море» занимало значительно большую площадь (вероятно, оно простиралось до Тивериадского озера!). В то время объем воды Мертвого моря превышал 325 км^3 (современный объем всего 136 км^3 !), соответственно и соленость воды была значительно ниже (13,5% против современной 32,2%; правда, в сравнении с соленостью воды в современных океанах, равной 3,5%, содержание солей и тогда было достаточно велико).

Лисанские толщи часто слагают изрезанные ущельями низкие холмы, протягивающиеся вдоль подножия высоких бортов грабена. Прекрасное обнажение этих пород находится в террасовидном выступе близ *Кумрана*, на котором расположены раскопанные руины дохристианского «монастыря» одной из еврейских сект (рис. 13.10). С этого выступа на востоке глубоко внизу просматривается северная оконечность Мертвого моря, на западе видны крутые известняковые склоны пустыни Иудеи, простирающейся до Вифлеема и Иерусалима. В нескольких сотнях метров выше уступа заметны темные входы в пещеры, которые в 1947 г. получили широкую известность благодаря находкам в них *свитков Мертвого моря* («Кумранские рукописи»), датируемых первым веком до нашей эры и содержащих древнейшие тексты из Библии. Поверхность Кумранской террасы, сложенной лисан-



Р и с. 13.9. Кривая климата в районе Мертвого моря для последних 100 тыс. лет. Временами (в лисанский век, 50—20 тыс. лет назад) климат был более влажным, чем ныне.

скими толщами, указывает, где в древние времена (несколько десятков тысяч лет назад) располагался уровень Мертвого моря.

Опускание дна большого грабена, по-видимому, началось лишь в конце третичного периода. В это время, то есть лишь несколько миллионов лет назад, собственно и возникло «Мертвое море». Наиболее глубокие его части опустились на 800 м. При возрасте «моря», скажем, 5 млн. лет опускание дна должно было происходить со скоростью в среднем около 15 мм/год. Тем не менее Мертвое море по сравнению с другими озерами считается очень древним, поскольку возраст большинства озер редко превышает несколько десятков тысяч лет.

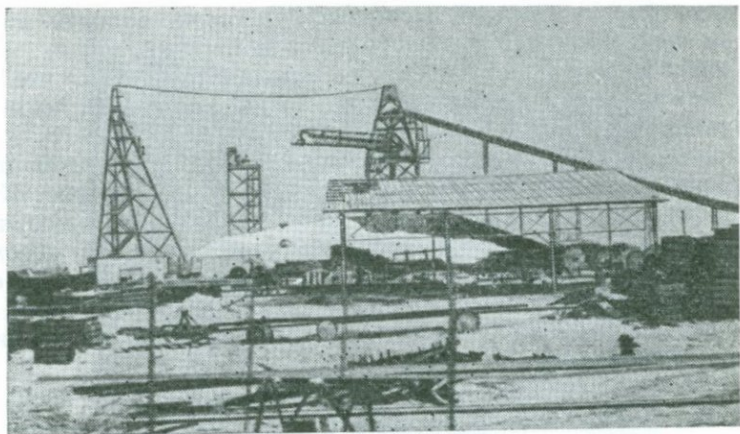
Мертвое море особенно широко известно не столько своим положением значительно ниже уровня Мирового океана, сколько необычайно высокой соленостью. Конечно же, скептически настроенный путешественник не преминет на опыте убедиться,



Р и с. 13.10. Кумран (южнее Иерихона). Он стал широко известным после того, как в 1947 г. местный пастух-бедуин нашел здесь в пещерах «свитки Мертвого моря» (пещеры в меловых известняках — на заднем плане, в борту грабена, см. также рис. 13.3). Слои на переднем плане (с развалинами «монастыря») представляют собой морские (точнее, озерные) отложения лисанского века. Следовательно, уровень Мертвого моря в прошлом находился на уровне этого уступа.

действительно ли человек не может утонуть в Мертвом море. Содержание солей в воде в среднем равно 32,2%, или 322 г/л. У поверхности оно несколько ниже, причем по элементам распределяется так (г/л):

хлора	212,4	калия	7,3
магния	40,6	брома	5,1
натрия	39,1	сульфата	0,5
кальция	16,9	бикарбоната	0,2



Р и с. 13.11. Калийный завод у южной оконечности Мертвого моря. Из морской воды добывают главным образом калийные соли.

Соленость океанской воды составляет всего 3,5%. Особенно бросается в глаза очень высокая концентрация брома в воде Мертвого моря. Общее количество растворенных в его воде солей достигает 44 млрд. т! Если бы Мертвое море вдруг высохло, образовался бы слой соли толщиной 21 м. В настоящее время на дне озера отлагаются преимущественно гипс, арагонит и кальцит; каменной соли в осадке очень мало.

Откуда же здесь так много соли? Дело в том, что озеро находится в области сухого климата, в условиях которого происходит засоление почвы; поэтому реки выносят сравнительно много соли, правда не так много, чтобы она чувствовалась на вкус или вредно отражалась на растениях. Следовательно, основным источником поступления соли в озеро можно считать реки, а именно главную водную артерию — *Иордан*. Ежегодно он выносит в Мертвое море почти 2 млн. т. соли; этого вполне достаточно, чтобы в бессточном озере за 22 тыс. лет соленость достигла современной величины, конечно, при условии, что привнос соли был постоянным. Но доля различных веществ в воде Иордана и Мертвого моря не одинакова, и уже поэтому процесс поступления соли, видимо, был очень сложным. Не исключено, например, что в первоначальную стадию поступала также морская вода; во всяком случае, наиболее древние отложения солей, вероятно, связаны главным образом с прорывом морской воды. Большую роль отдельные исследователи приписывают также западным ветрам, которые постоянно переносят в глубь страны много соленой *водяной пыли* со Средиземного моря. По вычислениям С. Лёвенгарта, ежегодно ветры транспортируют столько соли (80 млн. кг Cl^-), что в течение 1,5—2 млн. лет соленость Мертвого моря также

достигла бы современной величины. Наконец, важным поставщиком соли являются и минеральные источники.

Следовательно, нет ничего удивительного в том, что вода Мертвого моря такая соленая. Единственно, не совсем ясны пути поступления в него солей.

Идиллический пустынный ландшафт нарушают у Содома широко раскинувшиеся современные заводские строения (рис. 13.11), где добывают калийную соль и бром из воды, которую предварительно выпаривают в больших бассейнах. На огромных грузовиках соль перевозят к ближайшей железнодорожной станции Димона (45 км) и в порт Эйлат (200 км). Для Израиля, бедного полезными ископаемыми, эти соли представляют важную статью экспорта.

14. Плитвицкие озера (Хорватский Карст)

(Местоположение см. рис. 11.1)

В однообразном карстовом ландшафте Хорватии между Загребом и Адриатическим морем словно оазис выделяется глубоко врезанная долина-ущелье, поросшая великолепным буковым лесом. Дно долины занимает цепочка голубовато-зеленых озер, разделенных пеной водопадов. Это Плитвицкие озера, с 1949 г. югославский национальный парк (рис. 14.1). Озера эти очень небольшие, скорее даже маленькие, но представляют истинную жемчужину не только в ландшафтном, но и в геологическом отношении. К тому же к услугам избалованного туриста здесь есть все: и прекрасно оборудованные отели, и автострады, соединяющие район озер с Загребом (139 км) и Адриатическим побережьем (Риека, 153 км). Для любителей природы устроены удобные пешеходные тропы, которые постоянно поддерживаются в хорошем состоянии.

Из 16 Плитвицких озер самое большое — озеро Козьяк (недалеко от гостиниц). Длина его около 2 км, а глубина 49 м. Вся цепочка озер протягивается на 7,2 км. Отметка зеркала верхнего озера 639 м, уровня реки Корана, берущей начало в нижнем озере, 483 м; общее падение составляет, таким образом, 156 м. Все озера — *плотинные*, подпруженные самой рекой, так как «плотины» состоят из известкового туфа, выпавшего из воды, насыщенной известью (рис. 14.2). Известковый туф — ноздреватое отложение извести, часть объема которого занимают остатки растений, покрывшиеся известковой коркой.

Содержание в воде большого количества извести не удивительно, так как горы вокруг сложены мощными толщами юрских и меловых известняков морского происхождения. По прибытии в аэропорт Загреб, вы, ожидая свои чемоданы у места выдачи багажа, спокойно можете рассмотреть красиво отполированные стены из светло-серого мрамора с многочисленными включениями меловых рифообразующих раковин (рудистов.) Эти-то мезозойские



Р и с. 14.1. Два нижних Плитвицских озера (на заднем плане озеро Калудеровак, высота зеркала 505 м, на переднем — озеро Новаковица-Брод, высота зеркала 503 м). Из нижнего озера вода низвергается (высота водопада 20 м) в реку Корана, берущую здесь свое начало. Склоны долины сложены известняком мелового возраста, естественные плотины между озерами образованы молодым известковым туфом.



Р и с. 14.2. Продольный разрез Плитвицских озер с плотинами из известкового туфа (черные на рисунке). Вертикальный масштаб увеличен в 20 раз.

известняки и являются основными «виновниками» высокого содержания извести в карстовых водах.

С процессом выпадения извести из вод мы уже познакомились при описании пещер. В Плитвицских озерах выпадение извести в осадок обусловлено тем, что вода реки на разных участках утрачивает особенно много углекислоты (CO_2), так что она уже не может удерживать растворенную известь, которая осаждается в виде *известкового ила* и *известкового туфа*. Важную роль в этом процессе играют некоторые водоросли (например, сине-зеленые водоросли *Schizothrix*) и мхи (*Cratoneuron commutatum*, *Bryum pseudotriquetrum*). Особой и первой причиной образования подпорных «плотин», видимо, здесь были перекаты или маленькие водопады. Мы ведь уже знаем, что река обладает очень большим падением: 156 м на протяжении 7,2 км; это более чем 2% (сравните с падением реки Рейн у Кёльна, где оно не достигает даже 0,02 %!). Несомненно, кривая падения первоначально не была выровнена и отличалась переломами. На этих переломах-перекатах вода распылялась и теряла углекислый газ: происходило выпадение первой порции известкового туфа. При образовании отдели на ней прежде всего поселялись *Cratoneuron* и другие растения, которые в процессе ассимиляции дополнительно поглощали углекислый газ и способствовали осаждению извести. Так постепенно, преимущественно, вероятно, в послеледниковое время, поперек реки вырастали *мощные плотины* из известкового туфа; самая высокая из них (49 м) находится ниже озера Козьяк. Плотины вызывали подпор воды, возникали маленькие озера с красивыми *водопадами* у их нижней оконечности, которыми мы сегодня любимся. Плотины продолжают расти и сейчас, поэтому бровка водопада медленно перемещается вниз по течению реки — в направлении, противоположном смещению Ниагарского и большинства других водопадов. Последние подмывают бровку и способствуют ее разрушению; это «*деструктивные*» (разрушающие) водопады в отличие от «*конструктивных*» (созидающих, строящих) Плитвицских водопадов. Существуют «*строющие*» водопады без плотинных озер за ними; один из них можно наблюдать между Плитвицем и Загребом у впадения Слустницы в реку Корана близ города Слунь (южнее Карловаца); аналогичный пример в Центральной Европе представляет живописный Урахский (и соседний с ним Гютерштейнский) водопад в Швабском Альбе. Особенно интересно поближе рассмотреть ноздреватый известковый туф, слагающий «плотину» озера Округляк (второго по высоте расположения Плитвицкого озера). В туфе иногда видны небольшие первичные пустотки, нередко можно заметить и остатки растений, покрытые тонкой известковой коркой.

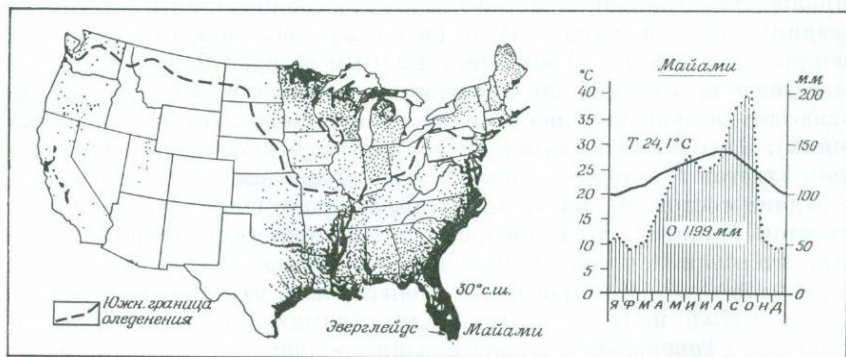
Самый высокий в озерном районе, 78-метровый *Плитвицкий водопад* образовался несколько иначе: он возник у впадения ручья Плитвица в глубоко врезанную, «переуглубленную» долину реки Корана.

Но Плитвицкие озера — не единственные в своем роде. На Адриатическом побережье между Задаром и Сплитом к этому типу относятся, например, *водопады Крка* с такими же плотинными озерами позади них. В известном смысле родственны им даже плоские блюдцевидные натечные террасы вокруг горячих источников в Йеллоустонском национальном парке (Мамонтовы горячие источники) или террасы Памуккале в Малой Азии. Перетекание воды из одного «блюдца» в нижерасположенное точно соответствует водопадам у Плитвицких озер: натечные «блюдца» Мамонтовых горячих источников — уменьшенная в сто раз модель Плитвицких озер (название «Мамонтовых террас» должны были бы, собственно, носить именно эти озера!).

Озера ежегодно посещают сотни тысяч туристов, обычно летом. Зима в карстовых районах часто более чем неприятна, особенно когда бушует ледяной ветер — бора; но случаются и погожие тихие дни со снегом, который искрится на солнце и пушистым инеем. В это время озерный ландшафт, пожалуй, не менее красив, чем летом, и может случиться, что вы будете единственным любующимся им путником.

15. Эверглейде (Флорида)

Из материковых штатов США Флорида простирается дальше всего на юг, вместе с тем Флорида — единственный штат с почти тропическим климатом. Южную оконечность полуострова занимают торфяные болота *Эверглейде* (рис. 15.1) — один из новых и совершенно необычных национальных парков. Это унылая почти ровная местность, часто представляющая собой лабиринт заболоченных лесов, озер и протоков, густо заросших, с полчищами комаров и почти без обнажений горных пород. Но весьма поучительно, что здесь образуется *торф*, а торф может превра-



Р и с. 15.1. Положение Эверглейде в пределах очень влажных, заболоченных районов США, местами требующих проведения дренажных работ. Из климатодиаграммы явствует, что лето здесь — наиболее дождливое время года.

тятся в уголь. Болота распространены, однако, не только на юге Флориды, они протягиваются также по береговым низменностям штатов Джорджия, Южная и Северная Каролина до штата Виргиния; всюду здесь расстилаются обширные swamps». Возникновение болот связано в конечном счете с влажным климатом и непроницаемым для воды грунтом плоской береговой равнины, по которой лениво текут реки и часто встречаются старицы со стоячей водой. Эверглейдс (в переводе — болотистые низменности) представляют для нас особый интерес потому, что в климатическом отношении они более похожи на торфяные болота, в которых в Центральной Европе сформировались третичные бурые угли, чем на обширные болота современных прохладных районов северной Европы, Северной Америки и Азии. Очень удачно кто-то сказал, что во Флориде можно увидеть *живой буроугольный лес*.

На подступах к Эверглейдс трудно поверить, что вы вскоре окажетесь в почти совершенно нетронутом ландшафте. Ваш самолет приземлится на большом современном аэродроме *Майами*, «самого большого в мире зимнего морского курорта». В 1904 г. в городе было 1680 жителей, теперь их число перевалило за 500 тысяч, и ежегодно сюда приезжают миллионы людей, которые проводят время на острове Майами, состоящем из высотных отелей, увеселительных заведений и узкой полоски пляжа, занимаясь отнюдь не естествоведческими наблюдениями. Но истинный любитель природы найдет много поучительного не только вдали от города, но и в нем самом; здесь находится «тропический сад Фэйрчайлда», замечательный ботанический сад, в котором, правда, представлены главным образом чужеземные тропические растения. Обилие их доказывает, что климат Флориды для них вполне подходит.

Многое позволяет считать, что сравнение именно Эверглейдс с «буроугольным лесом» особенно оправданно. Климат здесь *субтропический* (можно даже сказать почти тропический и влажный; средняя годовая температура равна 24°, осадков (преимущественно летом и осенью) выпадает 1200 мм в год. Обильные дождевые воды не стекают по совершенно плоской равнине, а застаиваются на молодом, местами послеледниковом, субстрате (мергелях). Этот плотный субстрат не дает воде просочиться глубже, где залегают морские известняки межледникового возраста, частично состоящие из оолитов (яйцевидных шариков извести — оолитов Майами). К последнему межледниковью, по-видимому, относятся также *ископаемые коралловые рифы*, которые вытянутой островной дугой, отороченной мангровыми зарослями (острова *Флорида-Кис*), на протяжении 240 км обрамляют южное побережье Флориды. Теперь эти острова связаны между собой и материком мостами и автострадой. Современные коралловые банки на атлантической стороне островов Флорида-Кис выросли только после оледенения; из-за низкого уровня не слишком теплого океана

в ледниковый период рост рифообразующих кораллов на время прекратился.

Мощность *торфа* в болотах Эверглейде не велика, менее 3 м. Частично это объясняется тем, что в общем торфообразование протекает тем медленнее, чем климат теплее. В теплых условиях, правда, продуцируется значительно больше растительного вещества, но оно и перегнивает намного скорее. Именно поэтому субтропические болота более подходят для сравнения с условиями формирования «буроугольных лесов» наших широт, чем многочисленные болота на севере Европы. И именно поэтому углепетрографы заинтересовались прежде всего болотами Эверглейде — ведь нигде больше на земле нет таких обширных торфяников в зоне теплого климата.

Благодаря теплему климату здесь развивается *почти* настоящее *тропическое растительное царство*. Так, широко представлены пальмы, например гордая королевская пальма *Roystonea*, но чаще все же встречается низкая «капустная» пальма *Sabal palmetto* и *Serenoa*. Нередко это просто естественные переселенцы из дождевых лесов Центральной Америки; Гольфстрим перенес их семена на побережье Флориды, где они нашли вполне сносные жизненные условия. Но мы встретим здесь и представителей зоны умеренного климата, скажем столь знакомую нам сосну. В национальном парке насчитывается около 1000 различных видов семенных растений, из них только деревьев 120 видов. Небольшая прогулка по шоссе в сторону от национального парка или по многочисленным тропинкам познакомит вас с удивительным разнообразием растительности. Объясняется оно не только влиянием разных климатических условий. Достаточно самых незначительных изменений почвы или уровня грунтовых вод, чтобы развились совершенно разные растительные сообщества и различные торфяники. Так, обширные площади поросли осоковыми, прежде всего «пилой-травой» (*Mariscus jamaicensis*, с короткими острыми шипиками по краям листьев) и покрыты соответственно осоковым торфом. Другие участки заняты *болотными кипарисами* (*Taxodium distichum*), которые сбрасывают зимой иголки и стоят тогда с голыми, словно отмершими ветвями. В настоящее время они распространены исключительно на побережье Мексиканского залива, но в третичном периоде росли даже в Рейнланде; и сейчас еще в парках ФРГ и ГДР можно встретить многочисленные, нередко довольно крупные экземпляры кипарисов с характерными дыхательными корнями (например, в Берлине). Несколько более возвышенные места с субстратом из оолитов Майами поросли соснами (обычно *Pinus elliotti*); в подлеске здесь часто видны пальмы сабаль или *Serenoa* (рис. 15.2). Но наиболее пышная растительность занимает также возвышенные участки, которые носят местное название *хаммокс*. «Хаммок» в переводе означает, собственно, «гамак», но на юге Флориды так называют похожие на джунгли островки леса с густыми зарослями фиговых



Р и с. 15.2. Характер растительности на возвышенных участках. Сосны (*Pinus elliotii*) и низкие веерные пальмы (*Serenoa repens*).

и махагониевых деревьев и пальм. Стволы и ветви часто покрыты многочисленными эпифитами, главным образом бромелиевыми рода *Tillandsia* (к которым относится и «испанский мох») и орхидеями. В одной из книжек я нашел описание 74 видов одних только эпифитов из южной Флориды. Среди осоковых болот, обычно лишенных древесной растительности, эти хаммокс с деревьями высотой до 20 м выделяются необычайно резко.

И конечно, поражают европейцев многочисленные изрезанные тихие бухточки на побережье с густыми зарослями мангровы (*Rhizophora, Avicennia*; рис. 15.3—15.4), ходульные корни которой столь непривычны нашему взгляду. Из этих растений, обитающих в зоне соленых или солоноватых и даже пресных вод, образуется мангровый торф. Рейнские бурые угли также сформировались в береговом болоте, но присутствие в них мангров пока не доказано, хотя они должны были бы в них встретиться, если аналогия с болотами Эверглейдс справедлива. Возможно, что в Европе в то время (середина третичного периода) было уже слишком холодно.

Во Флориде уровень океана периодически поднимался сравнительно высоко (о чем свидетельствуют оолиты Майами), но во время последнего оледенения он опустился значительно ниже современного. В дальнейшем вследствие таяния льдов на обширной территории он стал снова подниматься, правда, столь медлен-

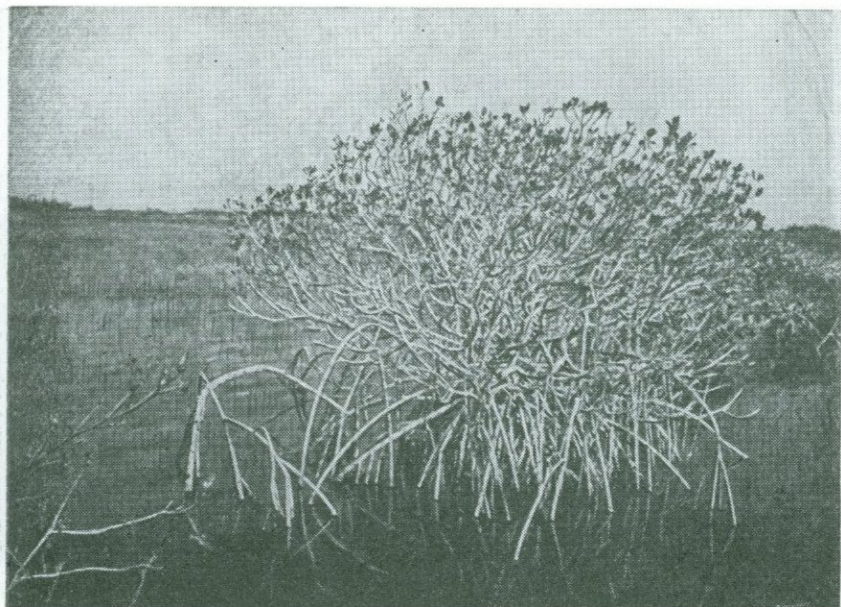


Р и с. 15.3. Заросли мангровы на побережье.

но, что, как говорят, «не забеспокоились даже маклеры по продаже земельных участков». Маленькие известковые рифы вдоль побережья в послеледниковое время начали постепенно «строить» многочисленные улитки (*Vermetus*). Слои торфа, образовавшиеся в это время в болотах Эверглейдс, позволяют точно проследить, как изменялась растительность, когда она начинала испытывать влияние соленой океанской воды.

Пестрота видового состава растительности на небольшой площади наряду с колебаниями уровня океана и грунтовых вод обусловила многообразие торфяных и других отложений. Изучение их позволяет лучше понять формирование третичных бурых углей Центральной Европы, характеризующихся таким же разнообразием. Прежде всего, пыльца, которую находят в углях, позволяет выделить в рейнских третичных отложениях разные по условиям местообитания и видовому составу зоны растительности, начиная с влажных осоковых болот и кончая уже довольно сухими местообитаниями с секвойей и тсугой.

Флорида находится на пути свирепых ураганов. В их разрушающей силе можно воочию убедиться даже через несколько лет после того, как прошел такой ураган, наблюдая полосы поваленного и вырванного с корнем леса. Эти свирепые ураганы представляют известный интерес и для геолога, так как он должен считаться с возможностью их проявления в далеком



Р и с. 15.4. Болота с кустом мангровы (*Rhizophora mangle*). Семена прорастают на самом материнском растении, то есть до того, как они падают в воду.

прошлом, правда, может быть, не обязательно в третичных буроугольных болотах Центральной Европы. Напротив, у аллигаторов из Эверглейдс в Европе есть точное подобие, о чем свидетельствуют многочисленные находки костей крокодилов в углях Гейзельталя под городом Галле (ГДР).

В общем можно, по-видимому, считать, что из европейских ископаемых болот заболоченные леса Гейзельталя больше всего сравнимы с болотами Эверглейдс. Множество других наблюдений также облегчают понимание процесса образования углей, как мы это только что увидели при сравнении торфов Флориды с буроугольными болотами Рейнской области. В этом отношении Эверглейдс действительно «живой буроугольный лес», познакомиться с которым, конечно, интересно.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ ЛЕДНИКИ

Геологическая «работа» ледников проявляется по-разному: они преобразуют долины (пример: Йосемитская долина), переносят огромные глыбы и обломки горных пород иногда на сотни километров и нагромождают их в виде морен. Примеров такой «работы» великое множество. Достаточно назвать один из швейцарских ледников — Нижнеаарский, который сыграл почетную роль в истории гляциологии. Но мы обратимся к далекому от нас новозеландскому леднику Фокс, потому что он (и соседний с ним ледник Франца-Иосифа) так глубоко вторгается в зону пышной растительности, как никакой другой ледник на земле. Интересных в климатологическом отношении примеров наступания и отступления ледников также можно привести очень много, как мы это видели в горах Крконоше и Йосемитской долине. Наконец, великолепные отшлифованные льдом скалы Нойтгедахта в Южной Африке позволят нам перекинуть мост к гигантским, давно исчезнувшим материковым ледникам палеозойской Гондваны и тем самым вплотную подойти к большим проблемам истории климатов Земли и дрейфа континентов.

16. Ледник Фокс (Новая Зеландия)

Новозеландские ледники находятся почти там, где живут наши *антиподы*; это наиболее удаленные от Европы глетчеры. Несмотря на огромное расстояние между Европой и Новой Зеландией, достигающее почти 20 тыс. км, иногда может показаться, что вы находитесь на зеленой траве английской родины большинства новозеландцев. Совершенно по-иному чувствуешь себя в соседней, но значительно более сухой Австралии, стране эвкалиптов, которая, несмотря на также британское население, кажется более чужой. Местный животный мир Новой Зеландии, как и Австралии, очень своеобразен, но его практически не увидишь; редкое исключение составляет *киви*, символ новозеландцев, с которым вы встретитесь бесчисленное множество раз: он изображен на чашках, тарелках, зажигалках и других предметах. Крупных бегающих птиц, моа, истребили уже майори, первые поселенцы Новой Зеландии. Единственная в своем роде ящерица гаттерия *Sphenodon* (местное название — туатара), живое ископаемое, встречается только на небольших островах у побережья. Совершенно английский облик имеют и города. Крайстчерч, центр провинции Кентербери, и вообще весь остров Южный живо напоминают Кембридж или Оксфорд, а Данидин — *самый южный университетский город на земле!* — по праву носит свое кельтское название (Данидин — прежнее название Эдинбурга; рис. 16.1—16.2).

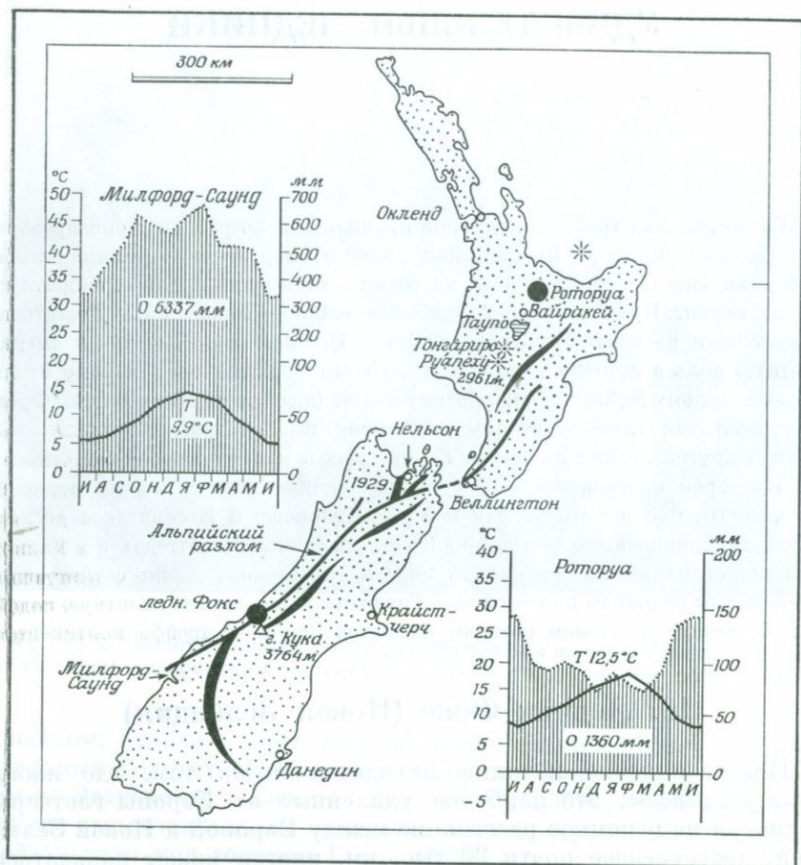


Рис. 16.1. Местоположение ледника Фокс (и Роторуа³⁰) и климадиаграммы. Оба острова вдоль рассекает «Alpine fault» — крупный разлом с амплитудой горизонтального смещения крыльев в несколько сотен километров (аналогично разлому Сан-Андреас на западном побережье США).

Все ледники сосредоточены на острове Южный в узкой 250-километровой полосе *Новозеландских Альп* между 43° и 44° 30' ю. ш. Вытянутый хребет по крайней мере частично заслуживает своего названия, так как ландшафт его местами действительно напоминает Альпы, и он, так же как Альпы, представляет собой молодое складчатое горное сооружение. Но в частности тектоническое строение Новозеландских Альп совершенно иное и характеризуется наличием большого продольного разлома со значительным горизонтальным смещением. Кроме того, здесь почти полностью отсутствуют, например, известняки.

Если европейские Альпы причислены в качестве Нео-Европы к горам Центральной Европы каменноугольного времени, то новозеландские горы примыкают к древним складчатым горным цепям



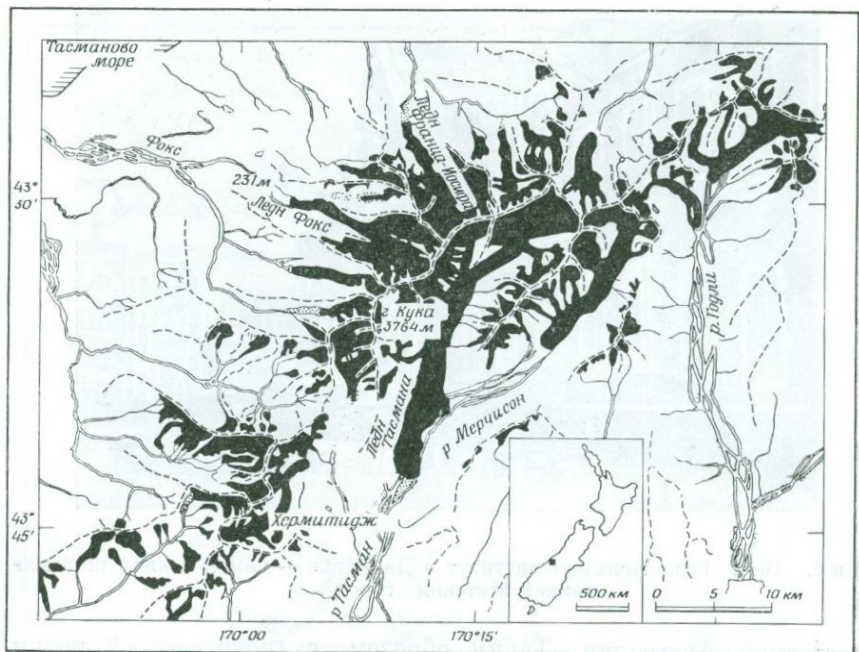
Р и с. 16.2. Геологический институт в Данидине — самом южном на земле университетском городе.

восточной Австралии. Таким образом, с геологической точки зрения Новозеландские Альпы можно было бы назвать «Нео-Австралией», если бы 1500-километровое Тасманово море не отделило их географически так далеко от Австралийского материка и не превратило в самостоятельный островной мир.

Обе самые высокие вершины — *горы Кука* (3746 м) и *Тасмана*, пролив Кука между островами Южный и Северный, а также большой ледник Тасмана названы в честь голландского первооткрывателя Новой Зеландии (1642 г.) Абеля Тасмана и одного из первых ее исследователей Джемса Кука, который в 1770 г. впервые обошел остров Южный на парусном судне. Заслуживают упоминания и немецкие геологи — Ю. Хааст, профессор в Крайстчерче в прошлом веке, и Ф. фон Хохштеттер, директор музея естественной истории в Вене (умер в 1884 г.). Фамилия Хааст встречается в названиях поселков острова Южный и наименовании своеобразного ксерофита *Haastia*. Именем Хохштеттера названы два своеобразных животных Новой Зеландии — древняя лягушка *Lieopelma hochstetteri* (древний род, неродственный ни с одной из современных лягушек) и открытая в 1948 г. не умеющая летать (как киви и моа), птица такахе (*Notornis hochstetteri*). Но и сам Хохштеттер ввел в литературу важное обозначение — *дунит* для богатых оливковым пород, слагающих горы Дун (восточнее Нельсона). Его основополагающая работа «Геология Новой Зеландии» в 1959 г., ровно через 100 лет после пребывания автора в этой стране, была переведена на английский язык.



Р и с. 16.4. Ледник Фокс и горная цепь с вершинами Кука и Тасмана. Климатическая снеговая граница проходит на высоте около 2100 м, язык ледника спускается почти на 2000 м ниже.



Р и с. 16.3. Карта современных ледников в центральной части Новозеландских Альп.

Хохштеттер работал в Новой Зеландии в 1858—1859 гг. как участник австрийской экспедиции «Новара». Об этой экспедиции напоминают названия двух ледников — Хохштеттера и Франца-Иосифа. Последний вместе с соседним с ним ледником Фокс относятся к наиболее эффективным на Новой Зеландии, более того, на всем земном шаре (рис. 16.3—16.4). Безлюдное береговое шоссе ведет от этих ледников к Нельсону на севере или через перевал Льюис к Крайстчерчу. Если вы изберете первый путь, то недалеко от Нельсона в маленьком поселке Брайтуотер заметите скромную мемориальную доску, где некогда стоял небольшой дом, в котором родился Эрнест Резерфорд, получивший титул лорда Нельсона, нобелевский лауреат 1908 г., один из видных исследователей радиоактивности и тем самым один из основателей радиометрического метода определения абсолютного возраста горных пород. Другая интересная в геологическом отношении памятная доска находится между Мерчисоном и Лайелем, в 91 миле от Нельсона у реки Буллер; здесь сильное землетрясение 17 июня 1929 г. сместило шоссе на несколько метров — это один из редких примеров крупного сброса, вызванного землетрясением.

По длине ледник Тасмана значительно превосходит ледники Фокс и Франца-Иосифа, но ни один из многочисленных глет-



Рис. 16.5. Пальмы (*Rhopalostylis*) на побережье близ Греймута — всего в 120 км севернее ледника Фокс. Средняя годовая температура 12°!

черов Новой Зеландии не спускается так низко к морю, как эти два. Языки их обрываются в нескольких сотнях метров над уровнем океана и почти достигают побережья — и это на широте, соответствующей широте Флоренции или Лазурного берега!

Таким образом, получается, что буйная растительность и глетчерный лед сходятся так близко, как ни в каком другом районе нашей планеты (лишь приблизительно аналогичные условия, образно описанные Ч. Дарвином, известны еще на юге Чили). Не без основания А. Сиурд поместил на титуле своего учебника палеоботаники ледник Франца-Иосифа, обрамленный зелеными древовидными папоротниками.

Небольшая прогулка от скромного (по европейским масштабам), состоящего всего из нескольких домов туристского центра «Фокс-Глейшер» на легко доступный одноименный ледник оставляет неизгладимое впечатление.

На береговой низменности, где выпадает много осадков, растут дождевые леса, буйная сочная зелень которых вполне может соперничать с тропическими джунглями. Хотя мы здесь и находимся уже по ту сторону южной границы распространения пальм, на побережье у Греймута, всего в 120 км севернее ледника Фокс, при средней годовой температуре лишь 12° (!) еще встречаются многочисленные пальмы никау, *Rhopalostylis sapida*, единственный вид пальм, родина которого Новая Зеландия (рис. 16.5). На этом фоне особенно резко выделяются не менее живописные высокие древовидные папоротники, образующие вместе с другими



Р и с. 16.6. В дождевом лесу у подножия ледника Фокс. Ветви и стволы деревьев покрыты сплошным ковром из мхов и папоротников.

различными видами флоры непроходимые заросли. Под пологом гигантских деревьев так влажно, что вода каплями стекает с листьев. Основание толстых стволов часто совсем гнилое и изъедено. Некоторые стволы уже наклонились, и с них, точно занавес, свисают изящные ажурные листья папоротника, другие стволы уже рухнули и лежат на земле. Но и эти мертвые стволы почти не отличаются от живых деревьев: кора их совсем не видна, так густо они покрыты толстым слоем лишайников, листовых мхов, печеночников, папоротников разных видов, а часто также более высокоорганизованными растениями (рис. 16.6). От места к месту видовой состав древесной растительности, кустарников и эпифитов меняется, и несведущему в ботанике путешественнику просто невозможно разобраться в этом богатстве растительного царства. Высокие, несколько напоминающие дубы наших широт деревья, которые то здесь, то там выступают над кронами других лесных великанов, украшены редкими, вспыхивающими на солнце как фонарики, красными цветами; это *Metrosideros* из семейства миртовых, с которой мы еще встретимся на Гавайских островах.

Кое-где растут и типичные для южного полушария хвойные деревья: мощные *Podocarpus*, *Dacrydium*, а также *Phyllocladus*, у которого вместо иголок развиты веерообразные филлокладии (поэтому местное население очень метко называет *Phyllocladus* «celery pine» — «сельдерейной сосной»).

Здесь, на западном побережье, эти зеленые первобытные леса подступают вплотную к белым сверкающим ледникам, ко-



Рис. 16.7. Неповторимая картина: язык ледника Фокс в обрамлении тропического леса с дровяными папоротниками. Новозеландская почтовая марка.

торые сползают по долинам с вершины горы Кука (рис. 16.7). В отличие, например, от ледника Тасмана они не несут большого количества обломочного материала. Ледник Франца-Иосифа, имеющий длину 11 км, в 1956 г. заканчивался на высоте 230 м над уровнем моря (сейчас он отступил немного выше); 15-километровый ледник Фокс также очень близко выдвигается к океану; его фирновое поле находится на горе Тасмана (3498 м). *Снеговая граница* проходит здесь на высоте около 2100 м.

Крутые скалистые склоны, обрамляющие с обеих сторон ледник Фокс, сложены стоящими почти вертикально слоями кристаллических сланцев. Горизонтальная ледниковая штриховка, которая заметна на них, указывает на *прежнее положение ледника*. Всего несколько лет назад он был значительно более мощным — об этом свидетельствуют крутые голые скалистые борта долины, поднимающиеся над плоским языком ледника и лишь в нескольких десятках метров над ним покрытые зеленым ковром пышной растительности. Место, которого прежде достигал ледник, фиксируется также огромными холмами морены, занимающими все дно широкой долины реки Фокс на протяжении более 1 км ниже современного края ледника. Под чернобурым илом и щебнем этих конечных морен кое-где еще видны глыбы «мертвого льда». По последним данным, ледник Франца-Иосифа за 21 год (с 1935 по 1956 г.) отступил на 660 м, а затем еще на 600 м, а ледник Фокс за это же время — на 1800 м (с 1956 по 1963 г. — на 800 м!). Как и в европейских Альпах, летнее таяние льда очень хорошо заметно по образованию «ледниковых столов» (рис. 16.8); при этом каменная плита, собственно «столешница», наклонена в сторону наибольшей инсоляции — в Новой Зеландии на север, то есть в направлении, прямо противоположном наклону в наших широтах!

Оба ледника западного побережья имеют *особенно важное значение для палеоклиматологов*. Они указывают, что ледниковые явления и ледниковые наносы могут встречаться в непосредственном

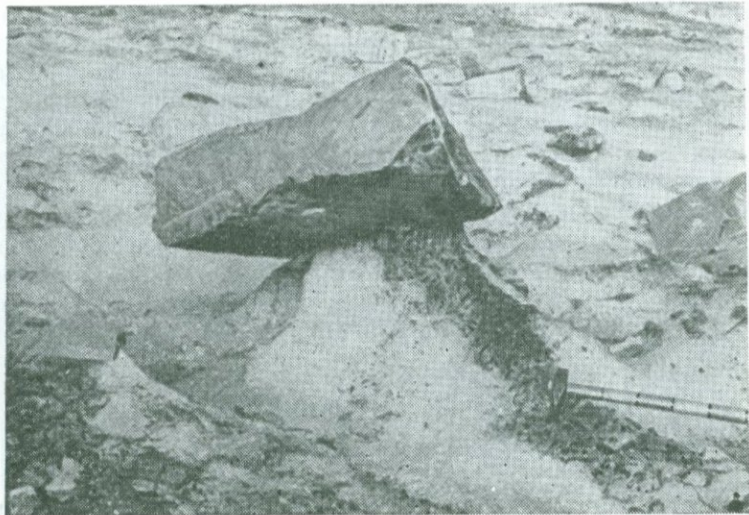


Рис 16.8. Ледниковый стол на леднике Фокс как свидетельство интенсивного таяния льда. «Столешница» наклонена в сторону наибольшего солнечного излучения — здесь на север!

соседстве с признаками, свидетельствующими о совсем не ледниковом климате. Действительно, хотя леса из древовидных папоротников, растущие ниже ледника Фокс, и не требуют тропической жары, все же для их развития нужен совершенно обычный умеренный, почти субтропический климат. Это заставляет с осторожностью относиться к интерпретации признаков климатов прошлого. Обнаружение, скажем, окаменелых древовидных папоротников отнюдь не исключает возможности существования в их соседстве ледников, а распространение в том или ином районе древних морен или древней ледниковой штриховки совсем не обязательно указывает на полярный в прошлом климат. Весьма показательным также, что здесь ледники и море очень тесно соседствуют друг с другом (языки обоих ледников оканчиваются всего в 15 км от береговой линии на очень небольшой высоте над уровнем моря). Такая картина обычна для полярных районов распространения материковых ледников, но редко наблюдается в зоне умеренного климата. Следовательно, если где-нибудь обнаружены морены и рядом с ними морские окаменелости, то это вовсе не означает, что речь обязательно должна идти о полярном материковом леднике. Такое соседство может быть связано и с обыкновенным долинным ледником.

Конечно, живописную картину ледника в зеленом обрамлении древовидных папоротников природа способна создать только при особо благоприятном сочетании обстоятельств. Прежде всего нужно достаточное количество осадков: действительно, в районе

города Милфорд-Саунд, расположенном несколько южнее ледников на западном побережье, выпадает очень много дождей — свыше 6000 мм в год (восточнее же высоких гор количество осадков едва достигает 300—350 мм в год, так что здесь пышные дождевые леса уступают место пустынным степным ландшафтам с резко ксерофитным типом растительности!). Второе условие — высокие горы, поднимающиеся выше снеговой границы. Только здесь может накопиться достаточно фирна, и лишь при наличии крутого рельефа долинный ледник способен выдвинуться далеко ниже снеговой границы в другие климатические зоны и достичь моря. Ледники Фокс и Франца-Иосифа — превосходное доказательство того, что такие условия могут быть осуществлены.

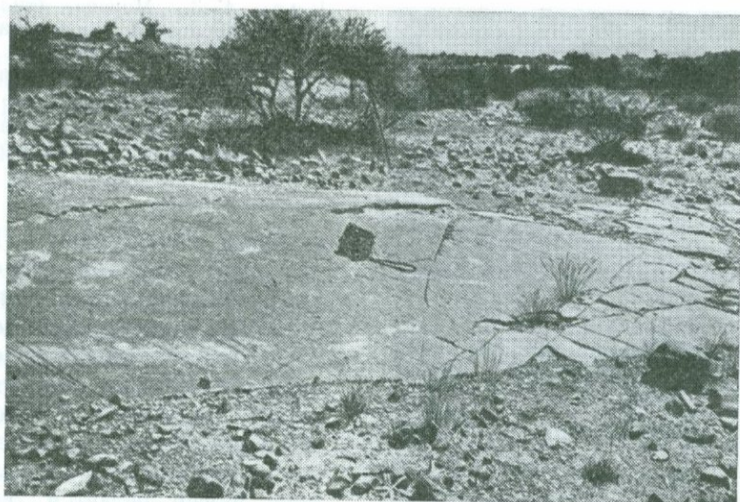
17. Нойтгедахт (Южная Африка)

(Местоположение см. рис. 20.1)

Нойтгедахт — название поселков, нередко встречающееся в Южной Африке. Это голландское слово означает: *не думали*. Поселившиеся здесь буры хотели этим сказать, что они обнаружили нечто совершенно неожиданное, то, о чем они «не думали». Обычно это, вероятно, был родник с хорошей водой или место для водооя.

С родником, видимо, связано и название теперь покинутой, полуразвалившейся фермы, которая лежит западнее Кимберли на склоне широкой, неглубоко врезанной долины реки Вааль. Трудно, конечно, предположить, что поселенцы, давая месту название «Нойтгедахт», думали о заметных повсюду *ледниковых шрамах* (рис. 17.1), хотя геологи уже в 1868 г. обнаружили в Южной Африке первые признаки палеозойского оледенения. Однако и с точки зрения геолога название выбрано очень удачное: *«не думали», что в жаркой Южной Африке можно встретить следы древнего ледника!* Но такие места обнаружены не только в Южной Африке, признаки древних ледников известны и на других материках. Но из мест древних, дочетвертичных, оледенений это самое известное и наиболее часто изображаемое в учебниках. Оно также единственное в Африке и почти единственное на земле, на которое указывает особый щит. Насколько мне известно, есть еще лишь один такой щит, даже более оригинальный: в долине реки Инмен в южной Австралии я увидел маленькую чайную «Глейшер-Рок Тихоуз» (чайная «Ледниковая скала») — единственный на земле ресторан, названный по исчезнувшему несколько сотен миллионов лет назад леднику (рис. 17.2).

Гудронированная дорога, которая ведет от Кимберли на северо-запад в сторону Курумана (городок, упоминаемый Ливингстоном и поэтому известный), пересекает однообразную равнинную, поросшую колючим кустарником степь с разбросанными то тут, то там красноватыми термитниками и отдельными бесформенными



Р и с. 17.1. Отполированная пермокарбоневым ледником скала в Нойтгедахе. Отшлифованные и исцарапанные ледником скалы сложены докембрийской лавой.



Р и с. 17.2. Чайная «Glacier Rock» в южной Австралии (долина Инмена). Ледник, отшлифовавший здесь скалы, одного возраста с ледником в Нойтгедахе. Эта чайная — единственная на земле, названная «в честь» ледника, исчезнувшего несколько сотен миллионов лет назад.

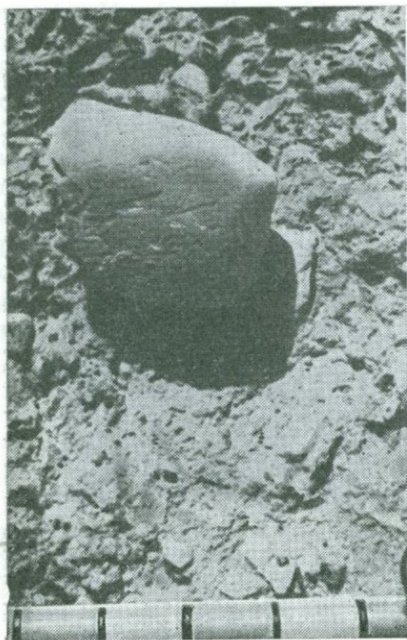


Рис. 17.3. Морена (тиллит) пермокарбонového оледенения с испатрихованными валунами восточнее Претории. Масштаб — 30 см.

глыбами серой лавы. Лава эта очень древняя — докембрийская; геологи относят ее к серии Вентерсдорп. Через 25 км маленький щит у дороги указывает на геологический памятник природы: «Glacial pavement» («ледниковая мостовая»). От главного шоссе остается всего несколько километров до жалких остатков Нойтгедахта. Вдали блестит гладь реки Вааль. Но рядом с развалинами в жгучих лучах солнца также блестят, словно огромные

слегка выпуклые зеркала, гладко отшлифованные обнажения лавы; присмотревшись, легко заметить тонкие прямые параллельные царапины, которые простираются в северо-западном направлении — это знаменитые ледниковые шрамы Нойтгедахта. Плоские горбы скал, вытнутые в том же направлении, что и шрамы, в точности соответствуют «курчавым скалам», с которыми мы еще познакомимся в разных районах Альп и Швеции, недавно покрытых ледниками. Эти следы ледника так хорошо сохранились, что зоолог А. Уоллес, много поездивший и многое видевший, еще в 1880 г. считал их очень молодыми, а именно плейстоценовыми.

Еще одним доказательством ледникового происхождения шрамов являются сохранившиеся местами на изборожденных поверхностях остатки крепкого моренного материала (рис. 17.3). В нем вкраплены маленькие и большие, также частично покрытые царапинами валуны. Однако в большинстве случаев моренный материал уже смыт. Эти отложения и соответствующее им оледенение относят к самому позднему палеозою — каменноугольному и пермскому периодам (пермокарбону), закончившимся 200—300 млн. лет назад. В Южной Африке это оледенение обычно называют «двайкским» (по поселку и реке Двайка на плато Большое Карру).

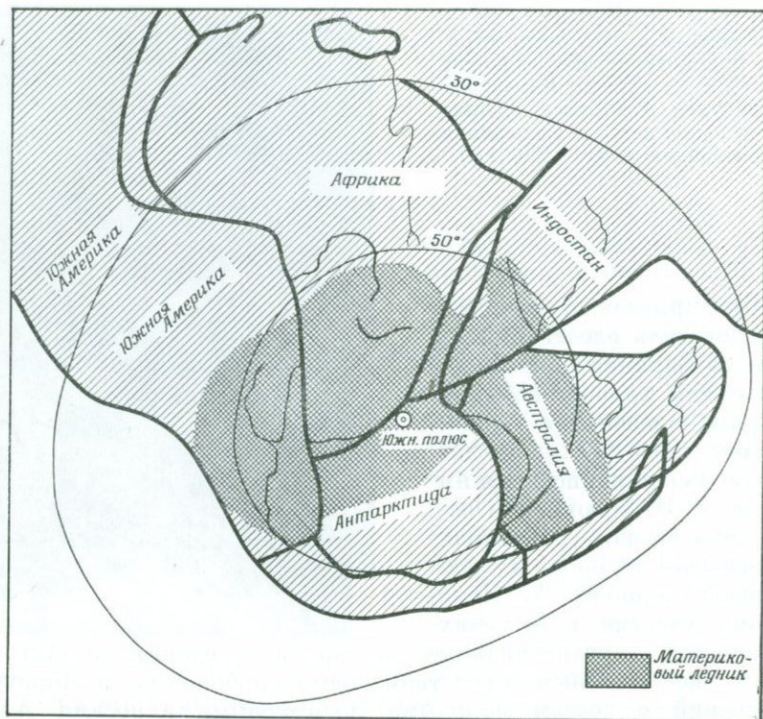
Для геолога Южная Африка является классической страной древних моренных отложений. В 1905 г. здесь происходило заседание Британской ассоциации содействия развитию науки, на кото-

Р и с. 17.4. А. Вегенер (1880—1930) первым связал распространение пермокарбонатовых ледников с дрейфом материков. Карандашный рисунок А. Фрииса, сделанный во время датской экспедиции в Гренландию (1906—1908 гг.).



рое был приглашен немецкий исследователь оледенений А. Пенк из Берлина (рис. 21.4). Никто так хорошо не знал молодые оледенения Альп, как он; через несколько лет вышла в свет написанная им вместе с Э. Брюкнером основополагающая трехтомная монография «Альпы в ледниковый период». А. Пенк принял участие в больших экскурсиях, организованных во время заседания, и был поражен необычайным сходством пермокарбонатовых ледниковых отложений с совсем молодыми ледниковыми наносами Альп. В сентябре 1906 г. он доложил об этом в Штутгарте на заседании Общества немецких естествоиспытателей и врачей и предложил называть эти древние сцементированные ледниковые отложения *тиллитами* (по шотландскому обозначению валунной глины, то есть молодых моренных образований — «тилл»). С того времени название «тиллиты» повсеместно употребляется в том смысле, какой в него вложил А. Пенк.

Исследование пермокарбонатового оледенения в Южной Африке (и на других материках южного полушария) в дальнейшем успешно продолжалось. Были составлены точные карты распространения ледников и направления их движения. В последнее время в Юго-Западной Африке обнаружены также древние ледниковые троговые (U-образные) долины. Все эти ледниковые образования являются основным аргументом в *гипотезе дрейфа континентов*. Об этом давно говорил уже сам создатель гипотезы, до настоящего времени вызывающей горячие споры, А. Вегенер (родился в 1880 г. в Берлине, пал смертью исследователя в 1930 г. во льдах Гренландии) (рис. 17.4). Часто упоминаемая в литературе *Гондвана* — сверхконтинент, состоявший из Южной Америки, Южной Африки, Индостана, Австралии и Антарктиды — характеризовалась, между прочим, этими пермокарбонатовыми оледенениями (рис. 17.5). Южный полюс того времени находился, очевидно, в середине Гондваны, и ее льды представляли собой гигантский



Р и с. 17.5. Сверхконтинент Гондвана в каменноугольное время по представлениям А. Вегенера. По его мнению, ныне разобщенные материки располагались вместе и были покрыты гигантской полярной шапкой льда (распространение ледников показано по последним данным). Другие исследователи предложили иную картину строения Гондваны.

полярный ледниковый щит (слово «Гондвана» ввел австрийский геолог Э. Зюсс в 1883 г., правда, по соображениям, ничего общего не имеющим с оледенением; оно означает «страна гондов», гонды — индийское племя). Позднее материк Гондвана распался на современные континенты южного полушария — по представлениям А. Вегенера, вследствие того что они постепенно перемещались («дрейфовали») в разные стороны. Учитывая столь явные доказательства существования в Южной Африке (и на других континентах южного полушария) материковых ледников, не удивительно, что одним из самых страстных защитников идей Вегенера стал крупный южноафриканский геолог А. Дю Тойт (рис. 17.6).

Таким образом, под жарким солнцем Африки в Нойтгедахте мы сталкиваемся с множеством в буквальном смысле слова потрясающих весь мир проблем, ключом к решению которых является, как справедливо заметил Дю Тойт, этот материк. К сожалению, окружение Нойтгедахта, этого великолепного памятника природы,

Р и с. 17.6. Южноафриканский геолог А. Дю Тойт (1878—1948), один из известных поборников идеи А. Вегенера о дрейфе материков.



настраивает на грустный лад: разрушенная ферма, кучи отбросов, несколько безобразных заборов из проволоки, призванных ограждать единственные в своем роде площадки с ледниковой штриховкой, современные «наскальные рисунки» туристов. Остается только надеяться, что богатая страна с такими чудесными заповедными территориями, как парк Крюгера, уделит немного больше внимания этим выразительным свидетелям далекого прошлого.

ИЗВЕСТНЫЕ КОРАЛЛОВЫЕ РИФЫ

Океанские акватории, дно океанов и океанские осадки в последнее время стали предметом интенсивных исследований. Но на отдельных, хотя и широко известных примерах показать это трудно. Некоторые сведения о морских побережьях читатель может почерпнуть из описаний Голубого грота¹² и мыса Доброй Надежды²⁰, о морских отложениях — из глав, посвященных перевалу Бергесс³³ и Зольнхофену³⁴. Особенно же интересно посмотреть коралловые рифы, как современные (у восточного побережья Австралии), так и древние, ископаемые (в Доломитовых Альпах).

18. Остров Герон (Большой Барьерный риф, Квинсленд)

Знакомство с коралловыми рифами и коралловыми островами переносит нас в сказочный мир тропиков. Тропики... они приведут в восхищение и несведущего в науке любителя природы, открывая ему неисчерпаемую возможность наблюдений; геолог же, знакомый с ископаемыми рифами наших умеренных широт — Рейнских Сланцевых гор, острова Готланд, Известняковых Альп, гор Северной Америки и т. д., может здесь изучать их образование на живом рифе. Так и для меня несколько дней, проведенных на далеком острове Герон, были апогеем моей первой поездки в Австралию в 1963 г. Благодаря счастливой случайности несколькими неделями раньше мне удалось осмотреть один из удивительнейших ископаемых коралловых рифов девонского периода на крайнем северо-западе Австралии.

Коралловых островов бесчисленное множество. Большинство из них легко доступно; сегодня даже избалованный турист без особых хлопот может осмотреть коралловые рифы в разных районах тропического пояса. Из Европы проще всего добраться до залива Акаба (Красное море) и познакомиться с рифами у Элата. Мы выбрали все же остров Герон, потому что он также легко доступен, принадлежит *самому крупному рифу на земле*, Большому Барьерному рифу (рис. 18.1), и относится к тем немногим коралловым островам, где с помощью буровых скважин подробно изучено их основание. Кроме того, здесь, помимо гостиницы, есть биологическая станция (Брисбенского университета в Квинсленде), сотрудники которой заняты исключительно изучением кораллового острова. Нужно все-таки упомянуть, что доступны для туристов и некоторые другие острова Большого Барьерного рифа, например остров Грин северо-восточнее Кэрнса, известный подводной обсерваторией, остров Магнетик-Айленд недалеко от Таунс-

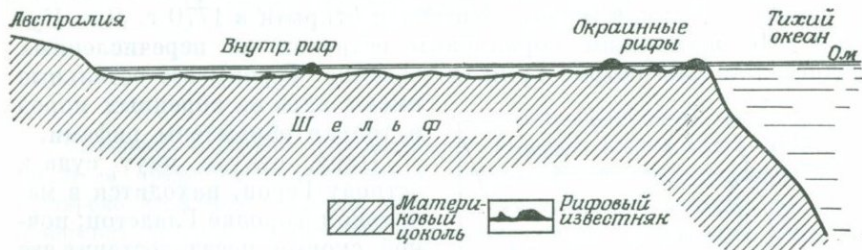
вилла, острова Хеймен, Саут-Молл и Линдемен из группы Уитсанди севернее Маккая (группа Уитсанди открыта в 1770 г. Дж. Куком). Но настоящим коралловым островом из перечисленных является только остров Грин (и, конечно, Герон); все остальные имеют ядро из коренных пород и только обрамлены рифами.

Порт, откуда идут суда к острову Герон, находится в маленьком городке Гладстон; ночной скорый поезд доставит вас сюда за 12 часов из Брисбена. Расстояние в 80 км до острова катер покрывает за 4 часа.

Герон — один из бесчисленных коралловых островов Great Barrier Reef, Большого австралийского Барьерного рифа, который протягивается на 1900 км — от залива Папуа (9° ю. ш.) до Южного тропика; это самый длинный риф на земле! Дж. Кук «задел» его (в буквальном смысле слова) во время экспедиции 1770 г. на судне «Индевер» и едва не потерпел кораблекрушение. Внешний край рифа в Торресовом проливе расположен в 160 км от материка; между мысом Мелвилла и Кэрнсом зона рифа сужается до



Р и с. 18.1. Карты части Большого Барьерного рифа между 13—17 и 23—24° ю. ш. (с островом Герон). Многочисленные коралловые островки «сидят» на шельфе, ширина которого превышает здесь 50 км. Край шельфа особенно четко выделяется благодаря цепочке вытянутых островков на нем.



Р и с. 18.2. Разрез восточноавстралийского шельфа с насаженными на нем коралловыми островками. Атоллы в Тихом океане, напротив, находятся на вершинах погрузившихся вулканов.

30—50 км, но к югу расширяется до 300 км. Общая площадь его оценивается в 460 тыс. км².

Сто лет назад считали, что рифовые образования представляют собой как бы гигантский клин, который в сторону океана становится толще и достигает там толщины в несколько километров. В действительности же рифы — лишь тонкое ажурное покрывало на восточноавстралийском шельфе, внешний край которого, местами отмеченный продолговатыми, длиной до 24 км, отдельными рифами, совпадает с обращенной к океану кромкой Большого Барьерного рифа (рис. 18.2). На некоторых островах вблизи побережья (например, Магнетик-Айленд и группа Уитсанди) обнажаются докембрийские породы, слагающие внушительные по высоте горы, так что, строго говоря, причислять эти острова к Барьерному рифу нельзя.

Сравнительно небольшая мощность рифов доказана несколькими буровыми скважинами. В 1926 г. скважина на острове Майкелмес-Кей (недалеко от Кэрнса) вскрыла 121 м мелководных кораллов и рифовых обломков, затем, до забоя (183 м), — песок; высокое содержание в нем кварца и других минералов, встречающихся на суше, свидетельствует о его «терригенном» («земном») происхождении.

Вторая скважина (1937 г., остров Герон) достигла основания кораллового рифа на глубине 154 м, далее, до 223 м, шел также терригенный глауконитовый кварцевый песок и фораминиферовые пески. Разведочная скважина, пробуренная в последнее время одной из нефтяных компаний на острове Врик (в 11 км восточнее Герона), прошла 122 м рифовых образований, затем плейстоценовые и третичные осадки и на 546 м встретила древнее вулканическое основание острова.

Кристаллический, частично докембрийский фундамент австралийского материка местами обнажается и в пределах рифа. Предполагается, что конфигурация восточного побережья Австралии в значительной степени связана с молодыми движениями по раз-

ломам, вызвавшими поднятие восточной Австралии (и ее наклон к западу) и образование крутого обрыва шельфа приблизительно по изобате 2000 м. Но вулканические извержения происходили здесь только на самом севере (острова Марри).

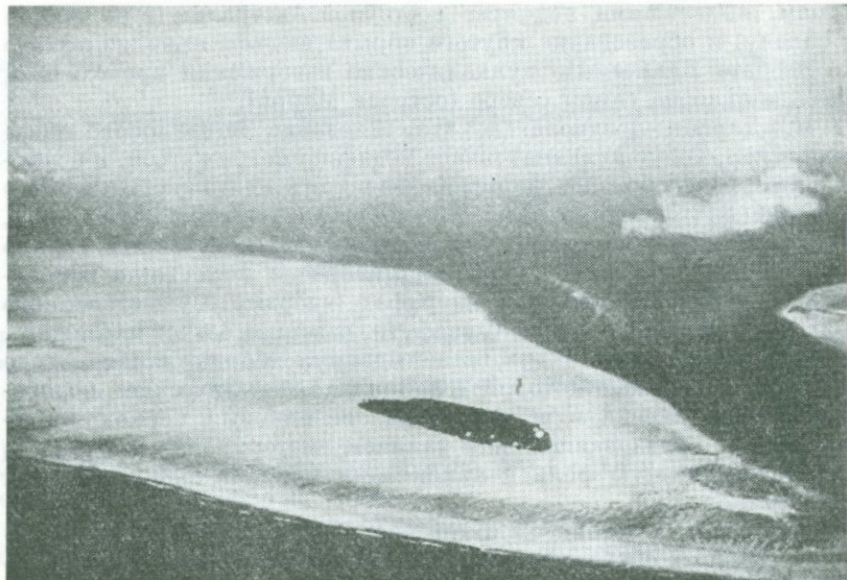
Ч. Дарвин предполагал, что основание кораллового рифа (например, конус вулкана) может медленно погружаться, и объяснял этим разнообразные формы рифов вплоть до атолла. По этой же причине он говорил о *большой мощности рифовых известняков*, хотя, как известно, рифостроящие кораллы могут жить только на небольшой глубине. Такое противоречие послужило основанием для бурения скважин на рифах (впервые осуществленного в 1896—1898 гг. на атолле Фунафути, севернее островов Фиджи). Американский ученый Р. Дэли выдвинул теорию «ледникового контроля», согласно которой «гляциально-эвстатические» колебания уровня океана в четвертичный ледниковый период (обусловленные образованием или таянием материковых ледников) играли решающую роль в накоплении мощной толщи рифовых известняков.

Материалы бурения на Барьерном рифе показали, что мощность рифовых образований все же превышает 120 м и что, следовательно, такая мощность не может быть обусловлена одними только гляцио-эвстатическими колебаниями уровня океана, так как амплитуда последних не превышала 100 м. (К аналогичному выводу привели уже данные бурения на атолле Фунафути, а в последнее время это утверждение доказано результатами буровых работ на атоллах Бикини и Энветок.) Таким образом, участие тектонического опускания в процессе накопления рифовых известняков неоспоримо.

На аэрофотоснимке (рис. 18.3) прекрасно видно, что маленький остров Герон окружен поясом рифов, который в широтном направлении протягивается на 11 км. Собственно остров, поросший густым лесом, имеет ширину 750—300 м при высоте около 5 м и находится на западной оконечности рифовой банки (рис. 18.4).

В лесу острова преимущественно встречается белокорая *Pisonia* с крупными листьями (родственная часто высаживаемой на побережье Средиземного моря *бугенвиллии*), а на берегу особенно выделяются такие деревья, как живописный *Pandanus* (рис. 18.5) и своеобразная *Casuarina*, листва которой напоминает листья клинолистовидных. В кронах *Pisonia* часто можно увидеть крупных белоголовых морских ласточек (*Anous minutus*), а песчаная почва под деревьями пронизана ходами; на первый взгляд они напоминают норы кроликов, но это гнезда буревого пухляка (*Puffinus pacificus*), перелетной птицы, которая высидывает яйца под землей (из-за вкуса мяса местное население называет ее «бараньей птицей»). Между прочим, наименование острова заимствовано из мира птиц — Герон в переводе с английского означает «цапля».

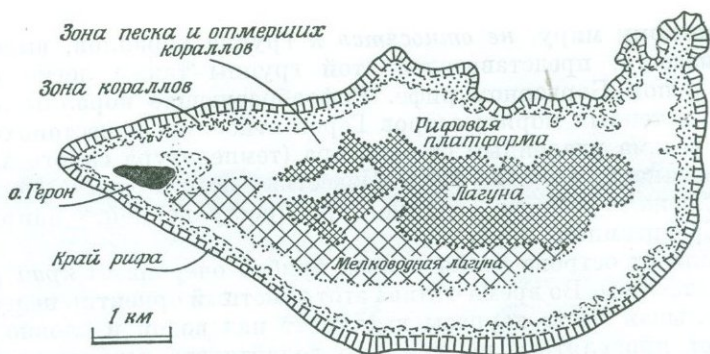
На острове Герон геологические образования представлены не одними только рифами. *Ядро острова*, поросшее лесом, возвы-



Р и с. 18.3. Вид острова Герон с самолета (с севера): поросший лесом собственно остров и окружающая его рифовая платформа (белая, глубокое море — темное).

пается над уровнем океана и сложено, как и окружающий остров узкий ослепительно белый пляж, песком. Рифовая платформа также покрыта слоем тонкого песка. Но он не кварцевый, как на побережьях наших морей (и как песок, вскрытый на глубине скважиной в 1937 г., о которой выше говорилось), а коралловый. Даже невооруженным глазом в нем можно различить крохотные обломки скелетов разных организмов, а под микроскопом видно, что песчаные зерна представляют собой раздробленные раковины и остатки скелетов кораллов, улиток, морских звезд, водорослей и т. д. Около 95% песка состоят из CaCO_3 . Аккумуляция очень хорошо отсортированного песка, слагающего остров, очевидно, способствовал ветер, а мелко раздробленные органические твердые частички — работа прилива и не в последнюю очередь волн, вздымаемых случайными тайфунами.

И все же наибольший интерес, конечно, вызывает ровная *рифовая платформа* вокруг острова (рис. 18.6). Построена она *рифообразующими кораллами* (рис. 18.7, 18.8), то есть теми представителями мягкотелых полипов, которые имеют известковый скелет и ведут колониальный образ жизни. Морские анемоны (обитающие в Северном море и часто разводимые в аквариумах с морской водой), ботаническое название которых может ввести в заблуждение непосвященного и скрывает принадлежность их



Р и с. 18.4. Строение рифа Герон. Остров Герон — лишь небольшая часть всего рифа.



Р и с. 18.5. Панданус на пляже острова Герон.

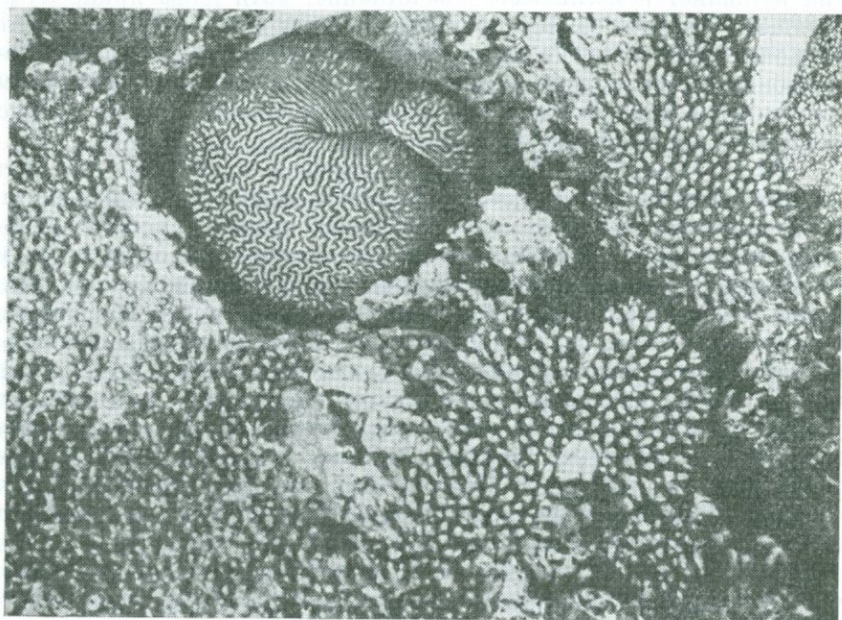
к животному миру, *не относятся* к группе кораллов, выделяющих известь; представителей этой группы также легко найти на Большом Барьерном рифе. Рифообразующие кораллы живут только в теплых морях; остров Герон относится к местонахождениям, весьма удаленным от экватора (температура самого холодного месяца здесь уже 19°). Известные всем красные кораллы принадлежат особой группе, распространенной, например, и в Средиземном море.

Вдали от острова белая полоса прибоя очерчивает край рифовой платформы. Во время отлива этот заметный ориентир не нужен, ибо большая часть террасы выступает над водой и словно приглашает прогуляться по ней. Но делайте это осторожно: хотя в общем поверхность кажется сравнительно ровной, при ближайшем рассмотрении вы увидите, что это затейливый лабиринт бесчисленных острых и угловатых ветвей, колоний кораллов в виде полусферы или покрова, разделенных небольшими каналами или углублениями, заполненными белым песком. Если вам захочется побродить, не забудьте надеть крепкие ботинки; и еще один совет: постарайтесь не падать (мое непреднамеренное слишком близкое знакомство с кораллами окончилось плачевно — я изранил руки об их острые ветки; к счастью, поблизости оказался врач, который забинтовал мне порезы, но мою «Лейку» удалось починить только в Брисбене).

Кораллы на платформе почти все уже погибли. Из прозрачной воды торчат одни их известковые скелеты, из которых и состоит рифовая платформа. Но чем ближе мы подходим к ее внешнему краю, тем чаще встречаем колонии живых кораллов и подушки зеленых известковых водорослей. В бесчисленных наполненных водой ямках во время отлива остается великое множество разнообразных по цвету и форме морских животных: пестрые морские звезды, морские ежи, нередко также похожие на колбаски бурые морские огурцы (трепанги) — любимое кушанье китайцев; «огурцы» имеют и важное геологическое значение, так как питаются илом и, следовательно, измельчают донные отложения. Особенно выделяется среди разнообразных моллюсков достигающая 1 м в поперечнике *тридакна* с мантией часто великолепного красного цвета (окрашенной одноклеточными водорослями). Ее раковина — самая большая в мире. (Рассказывают, что огромные створки тридакны используются в одной из церквей Парижа в качестве чаши для святой воды.) Здесь слушаешь разных жутких историй о том, как рыбак или подводный охотник случайно попал рукой или ногой между створками раковины и не мог освободиться. Но обычно тридакны раскрывают свои створки только на 1—2 см и тотчас захлопывают их, как только к ней приближаешься. К действительно опасным моллюскам Большого Барьерного рифа относятся очень ядовитые конусовидные улитки рода *Conus*. О необычайном разнообразии морской фауны этого района говорит хотя бы то, что здесь можно встретить 100 разных видов кораллов,

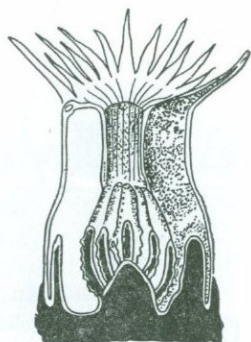


Р и с. 18.6. При отливе можно свободно ходить по ровной рифовой платформе и заниматься изучением ее обитателей. На заднем плане остров Герон.



Р и с. 18.7. Типичные кораллы рифовой платформы: иногда сильно разветвленные *Acropora* и другие.

Р и с. 18.8. Схематический разрез мадрепорового коралла с известковым скелетом (черное) и мягкими тканями. После гибели животного сохраняется только его известковый скелет, который, собственно, и является рифообразующим.



700 видов рыб, 25 видов голотурий; одно только семейство улиток Conuidea представлено здесь 34 видами!

При прогулке во время отлива вам встретятся преимущественно неподвижные или малоподвижные животные; все остальное живое молниеносно прячется при вашем приближении в каком-нибудь укромном уголке. Представьте же себе, какая картина животного царства открылась бы вам у *круто обрывающегося склона рифа!* Лучше всего, конечно, было бы нырнуть в маске в этот кишачий мириадами живых существ подводный мир; можно, правда, проплыть вдоль обрыва и на лодке со стеклянным дном: такая экскурсия оставляет неизгладимое впечатление, хотя даже яркие лучи стоящего в зените солнца проникают в прозрачную воду не очень глубоко. Уже в нескольких метрах от поверхности неправдоподобная красота кораллового леса с его пестрым населением выступает в таинственной полумгле, в которой, однако, можно различить мельчайшие детали.

«То, что можно наблюдать на рифовой платформе, не идет ни в какое сравнение с тысячами разветвленных напоподобие рогов и переплетающихся коралловых построек, которые вместе с грибовидными или зонтикообразными колониями, часто более 1 м в диаметре, густо покрывают крутой склон. Наверное, около часа наша лодочка медленно и бесшумно скользила над этими лесами из кораллов. Местами они были всего в одном метре под нами, местами круто уходили в призрачную глубину, кое-где эти заросли прорезаны, словно просеками, узкими каналами, дно которых усеяно раздробленными остатками белоснежных известковых скелетов. Краски здесь (как и на рифовой платформе) не главная особенность; преобладают бурые тона, хотя иногда встречаются светло-голубые или зеленые коралловые «подушки». Поражает другое — архитектоника этих лесов.

Наверху, на платформе, при отливе рыб почти не видно; но на открытой воде бесшумно плывущая лодка их не распугивает, и моим глазам открылось поистине волшебное зрелище: множество темноокрашенных или необыкновенно пестрых рыбок сновало между веток кораллов. Такую расцветку я видел только в хоро-



Р и с. 18.9. Вход на биологическую станцию («Great Barrier Reef Committee Research Station») острова Герон.

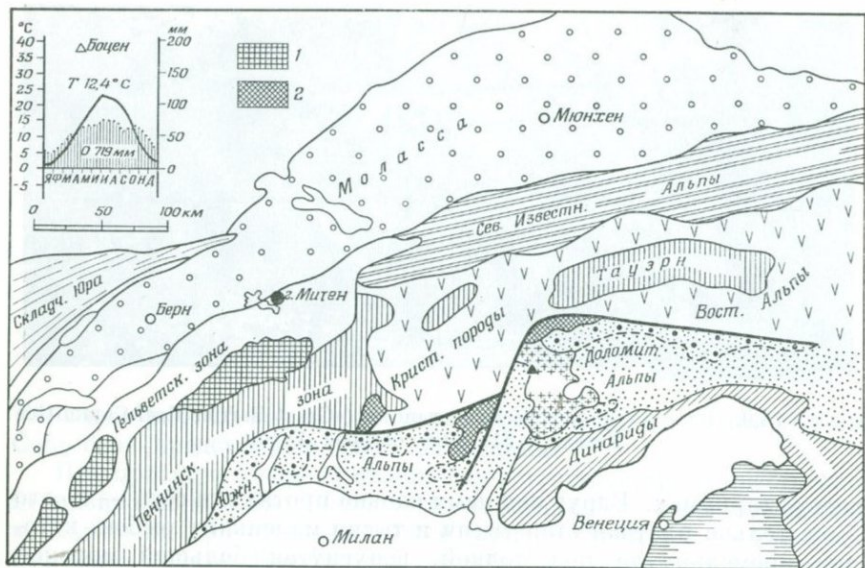
ших аквариумах. Вдруг под нами словно протянули сеть — но это была только плотная стая тысяч и тысяч маленьких рыбок, которая промелькнула под лодкой, испугнутая большой морской черепахой, величаво проплывшей мимо. Это знакомство с коралловым рифом, несомненно, было самым ярким впечатлением во время моей поездки».

Так я писал своей жене из Австралии. Приятная уединенность крохотного островка в южном море, солнечная погода, теплый прием в кругу немногих гостей на маленькой биологической станции (рис. 18.9), простая жизнь там внесли особую остроту в воспоминания.

19. Доломитовые Альпы (Южные Альпы)

Л. фон Бух, самый известный немецкий геолог первой половины XIX в., когда-то сказал, что Доломитовые Альпы южного Тироля являются ключом к разгадке строения Альп. Современный геолог вряд ли согласится с таким утверждением. Совершенно иные проблемы волнуют сегодня исследователей. Сложная тектоническая структура Альп, покровы надвигов, глубокий метаморфизм, «корни» альпийских гор интересуют теперь специалиста больше, чем простые условия залегания и ясная последовательность слоев в Доломитовых Альпах. Эта часть всего горного сооружения Альп представляет собой почти исключение — она *не* является ключом к познанию целого.

Но именно поэтому Доломитовые Альпы (в немецкой литературе их называют «Доломитами») особенно подходят в качестве объекта изучения для студентов-геологов и людей, незнакомых с геологией. Кроме того, Доломиты занимали центральное место в некоторых других важных геологических вопросах: рифообразование, смена фаций, даже в споре «плутонистов» и «нептунистов».

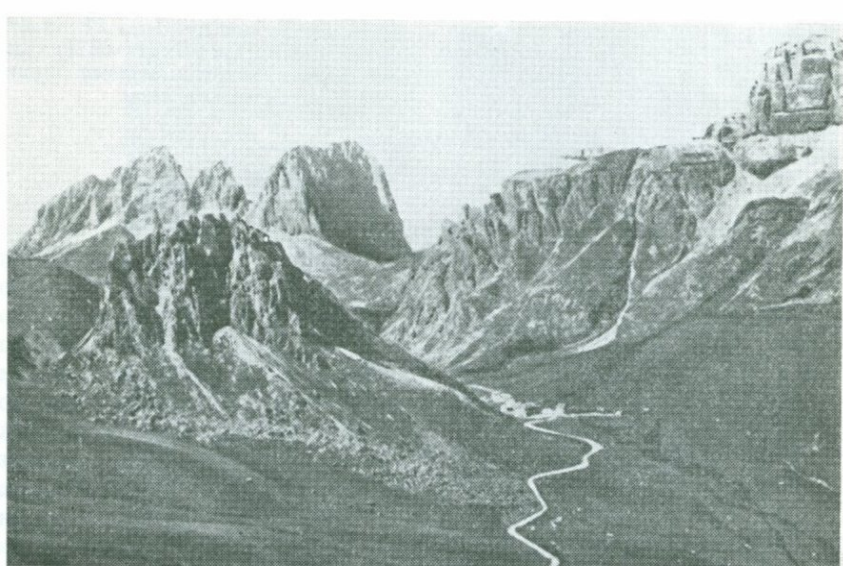


Р и с. 19.1. Положение Доломитовых Альп и гор Миттен в общей структуре Альп. Показаны важнейшие тектонические единицы Альп, отличающиеся особенностями геологического строения и залегания.

1 — древние гранитные массивы; 2 — молодые глубинные породы.

И наконец, поскольку это в ландшафтном отношении действительно очень красивые горы, мы с полным правом можем включить их в наш список великих памятников природы. Наше описание мы посвятим главным образом западным Доломитам, и прежде всего массивам Шлерн, Лангкофель, Зелла, расположенным южнее и восточнее Грёденской долины (рис. 19.1).

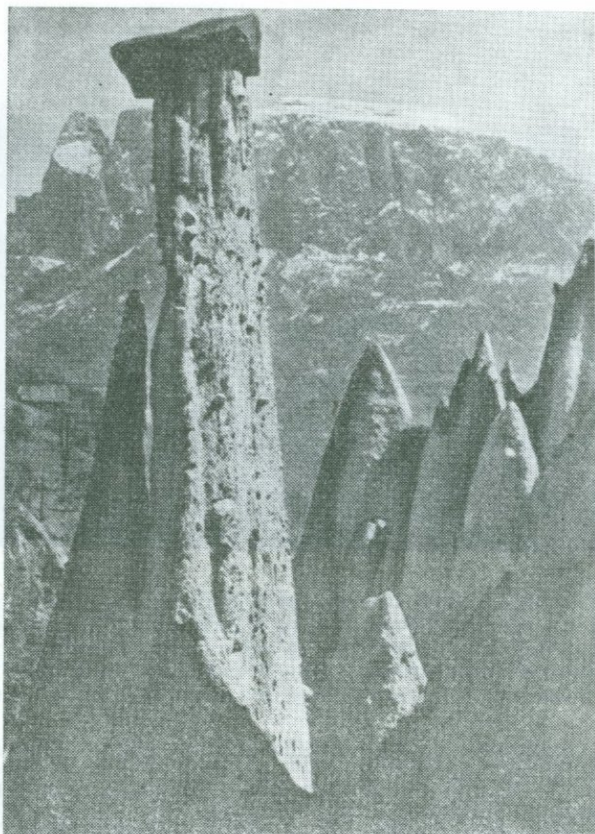
В величественной картине ландшафта Доломитов особенно выделяются беспорядочно разбросанные *бесформенные горные массивы* с обрывистыми склонами (рис. 19.2, 19.3). Местами они состоят из отдельных высоких каменных башен — истинный рай для скалолазов. Неторопливый путешественник, совершающий прогулку по пологим склонам горы Риттен, сможет полюбоваться красивой вершиной Шлерн, которая поднимается на другой стороне глубокой долины Эйзака как западный форпост Доломитовых Альп. К нему примыкает оваянный легендами массив Розенгартен. По ту сторону Зейзер-Альма (альм — это высокогорный луг), самого большого в Альпах, возвышается группа Лангкофеля (3181 м), состоящая из трех вершин, а на другой стороне перевала Зелла выделяется мощный массив Зелла. На север за ним следует гора Гарденаккия, а на юг — покрытая ледниками Мармолада (3342 м), самая высокая вершина Доломитов. Не меняется картина ландшафта и далеко на востоке, где находится, например,



Р и с. 19.2. Рифы триасового периода в картине ландшафта: на переднем плане слева массив Сасс-Бечче, за ним Лангкофель и Платкофель, справа Зелла. Массивы сложены преимущественно твердым шлернским доломитом, долины врезаны в более мягкие глинисто-мергелистые, местами вулканические отложения. Геологический разрез массива Зелла см. рис. 19.8.

широко известная группа скал Драй-Циннен («Три зубца»), и на юго-востоке, где с перевала Ролле открываются живописнейшие панорамы. Почти все эти вершины труднодоступны, большинство из них могут покорить только опытные альпинисты. Но всеми ими без труда можно любоваться, проезжая по прекрасным автомобильным дорогам. В любом городе легко найти ночлег. Привлекают Доломиты и своим южным, мягким климатом. В окрестностях Больцано, прежней столицы южного Тироля, которая поныне славится своими виноградниками, уже чувствуется близость благодатной Италии.

Доломитовые Альпы сложены преимущественно *доломитами*, отсюда их название. Аналогично Швабской или Франконской Юре, Доломитовые Альпы носят не местное название, а наименование, которое дали им геологи. Название «доломит» существует лишь с конца XVIII века, когда естествоиспытатель из Женевы Г. де Соссюр, один из первовосходителей на Монблан, назвал описанную Д. де Доломье, похожую на известняк породу по фамилии этого французского минералога, родившегося в Доломье (Дофине). В Кортина-д'Ампеццо ему по праву поставлен памятник (рис. 19.4). В отличие от известняка доломит содержит сравнительно много магния; это двойная соль (CaCO_3 , MgCO_3). Внешне он очень похож на известняк, но не вскипает, как последний, если



Р и с. 19.3. Риф Шлерн, вид с горы Риттен у Больцано. На переднем плане «земляные пирамиды» (формы размыва морены).

на него капнуть разбавленной холодной соляной кислотой. Почти все доломиты образовались из известняков. Этот процесс *доломитизации* вызывал и вызывает до последнего времени широкие дискуссии, начавшиеся в Доломитовых Альпах. Так, Л. фон Бух предполагал, что известняк был преобразован в доломит под воздействием вулканических пород (авгит-порфиров или «черных порфиров», как он их называл). Действительно, и в Доломитовых Альпах известны большие участки, сложенные первоначальным чистым известняком. Так, массивы Мармолада и Латемар состоят из известняка, тогда как вокруг них преобладает доломит (так называемый шлернский доломит). Возраст тех и других отложений — триасовый.

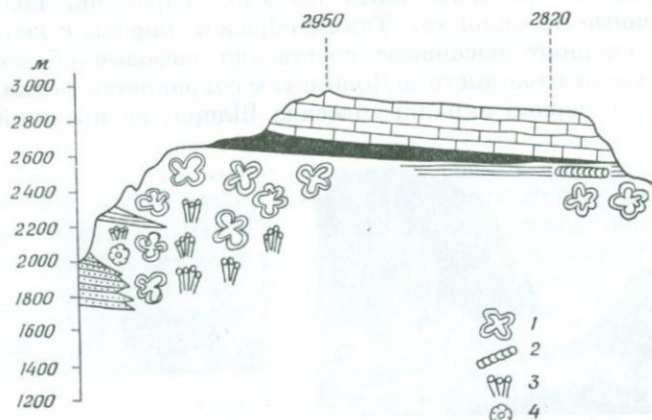
Шлернский доломит и латемарский известняк отличаются тем, что в них *почти отсутствует слоистость*. Это массивные породы — «массивными известняками» называют такого рода образо-

Р и с. 19.4. Памятник Д. де Доломье (1750—1801) в Кортина-д'Ампеццо, именем которого названа порода доломит.



вания, например, в девоне Рейнских Сланцевых гор. Они представляют собой древние рифы, построенные кораллами, известковыми водорослями и другими организмами с известковым скелетом (рис. 19.5). Правда, в результате перекристаллизации и доломитизации часто все остатки ископаемых организмов уже не различимы, исчезли и бесчисленные дырки и пустоты, которые видны в современном коралловом рифе, так как они полностью заполнены последующими отложениями извести. Во всяком случае, коллекционеру окаменелостей, как правило, нельзя рассчитывать на интересную находку в рифовых известняках.

Массивы Шлерн, Лангкофель, Зелла и другие представляют собой гигантские рифы. Это установлено прежде всего благодаря



Р и с. 19.5. Различные рифообразующие кораллы в разрезе массива Зелла. Рифы состоят не только из кораллов, но и из водорослей (строматолитов, диплопор) и морских лилий (криноидей).

1 — строматолиты; 2 — диплопоры; 3 — кораллы; 4 — криноидей.

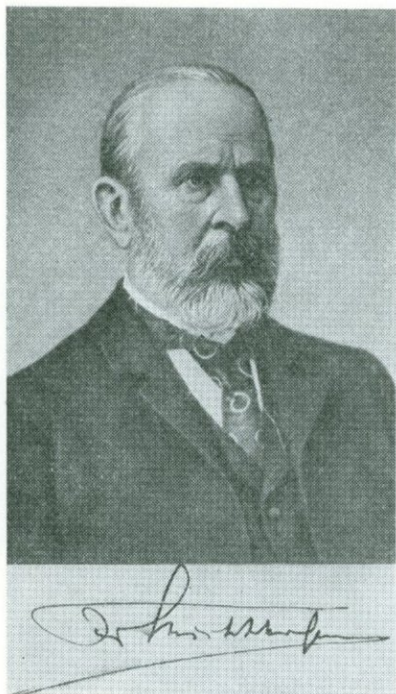


Рис. 19.6. Ф. фон Рихтхофен (1833—1905), установивший, что Доломитовые Альпы представляют собой рифы.

фундаментальным исследованием Ф. фон Рихтхофена (рис. 19.6), который изучал породы южного Тироля, будучи сотрудником Геологического института в Вене. Широкую известность он приобрел позднее своими основополагающими трудами по геологии Китая и эоловому происхождению лёссов. Вторым пионером среди исследователей рифов южного Тироля был австрийский геолог И. Мойзисовиц, вице-директор Геологического института в Вене. Между прочим, он называл особенно резко выделяющийся риф между Кортина-

д'Ампеццо и Зеллой «рифом Рихтхофена» (рис. 19.7).

Как и у современных коралловых рифов, у рифов Доломитовых Альп склоны очень крутые; у подножия рифов местами образовались осыпи из раздробленных скелетов кораллов, под углом прислоненные к склонам. Таким образом, породы с *косой слоистостью* сменяют массивные собственно рифовые образования. Правда, косая слоистость в Доломитах сохраняется редко; видна она еще у северной окраины массива Шлерн, на прежний склон

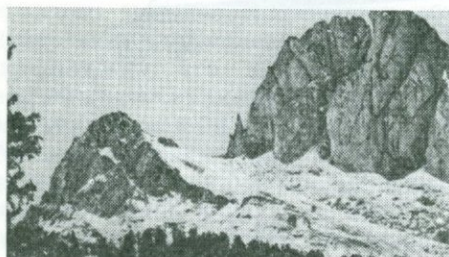


Рис. 19.7 Риф «Рихтхофена» у Зетзасса. Справа — зарисовка рифа (из капитальной монографии Мойзисовица, посвященной Доломитовым Альпам, 1879 г.).



Р и с. 19.8. Геологический разрез массива Зелла. Четко выделяется сочленение рифовых образований (шлернский доломит) с другими породами (кассанские, бухенштейнские и другие слои, частично вулканического происхождения).

рифа указывает также огромная наклонная поверхность вершины Платкофеля.

На других участках можно наблюдать, что по краям рифов появляются толщи совершенно иных пород, которые *переслаиваются* с рифовыми отложениями (рис. 19.8). Эти участки, очевидно, представляли собой морские пространства, располагавшиеся *между рифами*. Здесь происходило отложение хорошо слоистых, часто богатых окаменелостями известняков и мергелей, но иногда также и вулканических лавовых покровов (преимущественно темного авгит-порфира) и туфов. Туфы представляют собой смесь раздробленной вулканической породы, известковых и илистых морских осадков. Благодаря такому соседству массивных рифовых известняков и доломитов, слоистых морских отложений и вулканических туфов Доломитовые Альпы являются *классическим примером смены фаций*, то есть отложений, различных по составу, но *одновозрастных*. Сочленение различных фаций хорошо можно наблюдать у подножия Платкофеля и Лангкофеля.

Мощность рифовых образований превышает сотни метров. В массиве Зелла их вертикальные стены увенчаны толщей горизонтально-слоистых известняков, которую называют *райбльскими слоями*. Над ними залегают пласты доломита Дахштейна. Все эти слои относятся к *триасовой системе*, точнее, к кейперу, а их названия указывают, что аналогичные отложения встречаются и в Каринтии (у Райбля) и у Дахштейна (в Северных Известняковых Альпах). Под рифовым доломитом (обычно называемым «шлернским доломитом») во многих местах обнажаются тонкослоистые известковые или мергелистые, часто красноватые отложения; последние местами содержат окаменелости, аналогичные ископаемым остаткам в «раковинном известняке», но местами по возрасту соответствуют «пестрому песчанику», однако в отличие от него представляют собой не речные наносы, а морские осадки. Во всяком случае, в Доломитовых Альпах мы нигде не обнаружим четкого трехчленного возрастного деления на пестрый песчаник, раковинный известняк и кейпер, на основании которого Ф. фон Альберти в 1834 г. назвал эту формацию, развитую в Гер-

мании, «триасом». Однако германская и альпийская фации триаса совершенно различны, как это видно из таблицы.

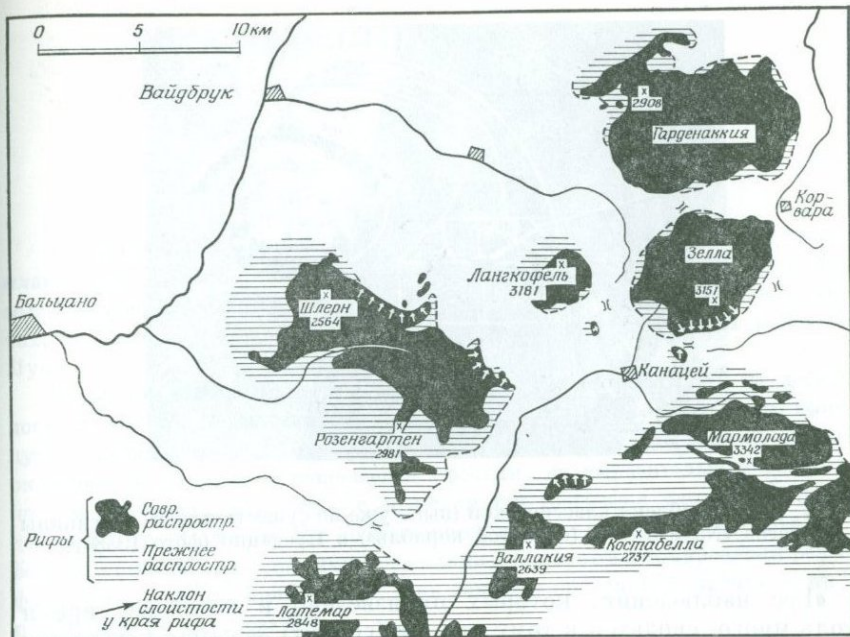
ДЕЛЕНИЕ ТРИАСОВОЙ СИСТЕМЫ

Внеальпийская Центральная Европа	Альпы	
	Ярусы	Характерные слои
Кейпер	Рэтский Норийский Карнийский	Доломит Дахштейна Райбльские слои
Раковинный известняк	Ладинский Анизийский	Шлернский доломит Известняк Мармолада Кассианские и венгенские слои Авгит-порфириды Бухенштейнские слои Мендельский доломит Нижний раковинный известняк
Пестрый песчаник	Скифский	Кампильские (верфенские) слои Зейзские слои

Если проехать в Доломитовые Альпы из долины Эйзака через долину Эгген, можно наблюдать также горные породы, залегающие *под* отложениями триаса. Особенно бросаются в глаза мощные трещиноватые *покровы красной порфировой лавы* (в Больцано мостовая сделана из порфира). В отличие от большинства триасовых образований у этих лавовых покровов есть точный аналог севернее Альп, так как в одно и то же время (в красном лежне, или нижней перми) из многочисленных вулканов не только у Больцано, но и близ Крейцнаха, в Тюрингенском Лесу и в Силезии изливались лавовые потоки кварцевого порфира.

В Доломитовых Альпах привлекают внимание наблюдателя два аспекта геологии: четко выраженный разрез пермских и триасовых образований (и возможность сравнения последних с «германским триасом») и разнообразные строения и состав отдельных толщ, прежде всего коралловые рифы.

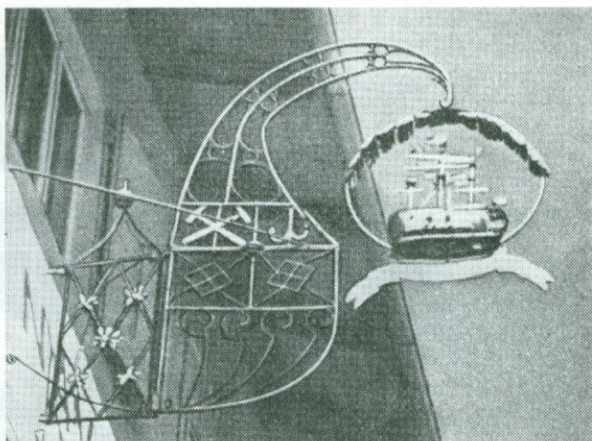
Своеобразие картины ландшафта Доломитов связано не в последнюю очередь с тем, что *молодые процессы денудации гор особенно интенсивно проявились вдоль первоначальных границ рифов* и как бы вырезали их, удалив окружающие породы. И теперь мы часто еще можем наблюдать прежние рифы триасового моря в виде изолированных горных массивов; примеры тому: Шлерн, Лангкофель, Платкофель, Зелла и другие. Современные понижения в рельефе — перевалы Зелла, Пордой и т. д. — представляют собой прежние морские проливы между рифами



Р и с. 19.9. Рифы в триасовом море Доломитовых Альп. Современные горные массивы отражают картину их распределения.

(рис. 19.9). Конечно, разрушительная работа рек, ручьев и выветривания местами изменила простую картину настолько, что разобраться в строении не всегда легко.

Тому же, кто захочет познакомиться с историей геологического исследования, советуем сделать небольшой крюк и посетить уютный городок *Предаццо* в долине Фиемме (Авизио). Горы вокруг него, как это ни странно, частично сложены красивым красноватым «гранитом», часто с большими иголками черного турмалина. А. де Лаппаран в 1864 г. назвал эту породу, несколько отличающуюся от типичного гранита, *монцонитом* — по хребту Монцони. Монцонит сравнительно молодой (мезозойского или еще более позднего возраста), изучали его здесь многие исследователи, из которых назовем Ф. фон Рихтхофена, В. Пенка, Г. Филиппа. Но то, что, как теперь известно, монцонит представляет собой застывший в глубинах Земли расплав и местами залегает *над* породами триаса (на контакте с монцонитом они преобразованы), первым понял итальянец Марцари-Пенкати в 1820 г. В то время, в начале прошлого столетия, когда А. Вернер, «отец геологии», а вместе с ним и другие «нептунисты» (к ним относился и Гёте) считали гранит (а также базальт) породой, отложившейся в море, некоторые исследователи уже придерживались правильного, «плутонического», представления; такое резкое различие во взглядах породило горячие споры.



Р и с. 19.10. Эмблема классической (ныне уже не существующей) гостиницы геологов «Nave d'Oro» («Золотой корабль») в Предаццо (фото 1958 г.).

«Все наблюдения, которых произведено в последнее время столь много, сводятся к тому, что он (гранит) — самая глубинная горная порода на земле, что все другие породы находятся на нем или рядом с ним, он же не залегает ни на какой другой; таким образом, он, хотя и не занимает все ядро земли, все же является самой глубокой известной нам оболочкой». Так писал Гёте в 1784 г. Как же случилось, что близ Предаццо гранит лежит на богатых остатками ископаемых организмов триасовых породах? Теперь геологам, работающим в Альпах, известны самые, казалось бы, неправдоподобные залегания — раньше они вызывали только недоумение.

И толпы известных геологов устремились в Предаццо, чтобы на месте изучить эти необычные условия залегания пород. Одним из первых был А. фон Гумбольдт (1822 г.), и хозяин гостиницы «Золотой корабль» («Nave d'Oro», рис. 19.10) попросил знаменитого постояльца первым расписаться в книге почетных гостей. За этим именем последовали многие другие, «Nave d'Oro» стала излюбленной гостиницей геологов; целая эпоха истории геологии проходит перед глазами, когда перелистываешь эту книгу. К сожалению, «Nave d'Oro» уже не существует. Когда в 1968 г. я хотел показать классическую гостиницу своим студентам, поиски ее оказались тщетными. Старые приветливые хозяева гостиницы еще жили в Предаццо, но красивый дом уже обветшал, и два года назад его закрыли. Множество исторических документов — фотографий, рукописей, рисунков — славного времени Предаццо выставлено теперь в вестибюле недавно построенной школы. Истинное же время горячих, но за рюмкой южнотирольского вина, вероятно, чаще веселых споров геологов безвозвратно ушло.

Одни мысы всемирно известны или пользуются дурной славой у мореплавателей: мыс Доброй Надежды, мыс Горн; другие известны туристам: мыс Нордкап в Норвегии. Ни один из мысов так часто не упоминается в газетах, как мыс Кеннеди во Флориде — место старта американских ракет на Луну.

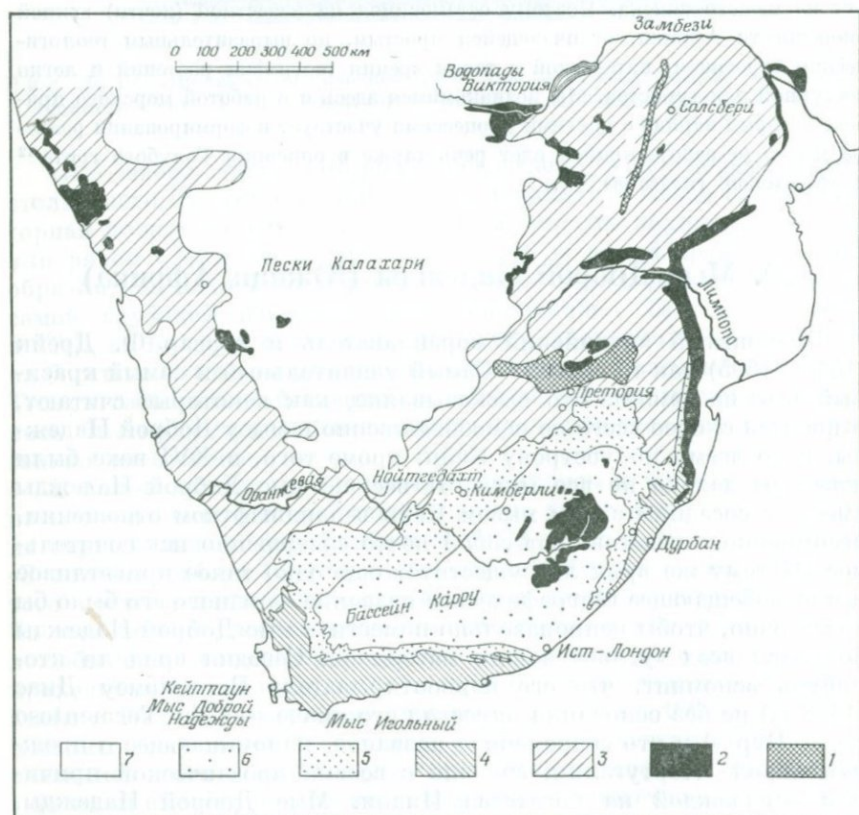
Если при выборе мыса, который следует описать, исходить из легкой доступности его, то многие мысы (даже не считая грозного мыса Горн) выпадут из нашего списка. Поэтому остановимся на известной (почти) южной оконечности Африки, отличающейся простым, но выразительным геологическим строением, интересной с точки зрения географии растений и легко доступной для туристов. Мы познакомимся здесь и с работой морского прибоя, который наряду с другими процессами участвует в формировании рельефа мысов (о работе прибоя идет речь также в описании Голубого грота¹² и «Мостовой гигантов»^{27в}).

20. Мыс Доброй Надежды (Южная Африка)

Знаменитый английский мореплаватель и корсар Ф. Дрейк (1545—1595) как-то сказал: «Самый удивительный и самый красивый мыс на земле». Это высказывание, как некоторые считают, относится скорее всего не непосредственно к мысу Доброй Надежды, а ко всему полуострову Кейп; кроме того, в XVI веке были известны далеко не все мысы. И все же мыс Доброй Надежды вместе с соседним с ним мысом Кейп в ландшафтном отношении, несомненно, представляют собой нечто совершенно исключительное. К тому же вряд ли существует еще одно такое приветливое и многообещающее географическое название — одного его было бы достаточно, чтобы произвольно поместить мыс Доброй Надежды во главу всех «углов» наших материков. Сегодня вряд ли кто-нибудь вспомнит, что его первооткрыватель Бартоломеу Диас (1488 г.) не без основания окрестил его иначе — *Sabo Tormentoso* («мыс Бурь») и что современное название, напоминающее о прежнем короле Португалии, связано с весьма прозаической причиной — надеждой на богатства Индии. Мыс Доброй Надежды, расположенный на 34° ю. ш. — не крайняя точка Африки. Южной оконечностью материка является *Sabo Agulhas*, мыс Игольный, лежащий на 0,5° южнее (рис. 20.1—20.2).

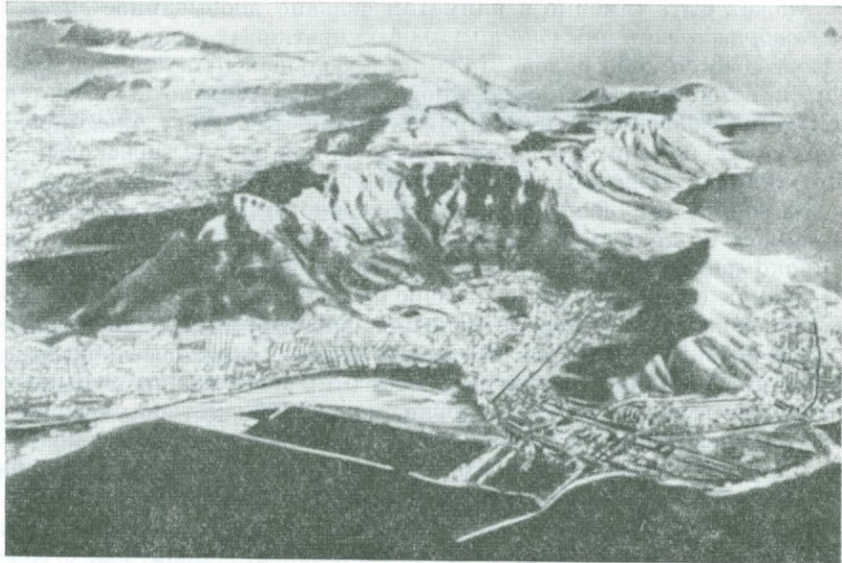
Коль скоро вы добрались до Кейптауна, поездка к мысу уже не представляет трудности, хотя расстояние до него превышает

60 км; по обе стороны узкого полуострова Кейп к нему ведут хорошие автомобильные дороги. Они, правда, мягко говоря, не слишком широкие и изобилуют крутыми поворотами, но все неудобства компенсируются прелестными видами на открытый океан и вычурные формы голых скал. Живописный ландшафт приковывает взгляд уже в самом гигантском Кейптауне, который амфитеатром раскинулся у подножия круто вздымающейся *Столовой горы* (1028 м); мало найдется больших городов на земле, которые по красоте своего положения на склонах гор у моря могли бы соперничать с Кейптауном... Быстро промелькнули утопающие в зелени пригороды столицы, и чем дальше продвигаешься к югу, тем реже встречаются поселения; да на скалистом крутом побережье и места-то для них мало. На южной оконечности полуострова Кейп поселков вообще нет — с 1939 г. здесь создан запо-



Р и с. 20.1. Обзорная геологическая карта Южной Африки.

1 — докембрийские магматические породы (серия Бушвелд); 2 — мезозойские лавы (вулканы Стромберг); 3 — докембрий; 4 — нижний палеозой (капская система); 5 — верхний палеозой (серия Энка — Двайна); 6 — преимущественно мезозой (серия Бофорт и Стормберг); 7 — четвертичные и трещинные породы; 5, 6 и 2 — образования, заполняющие бассейн Карру.

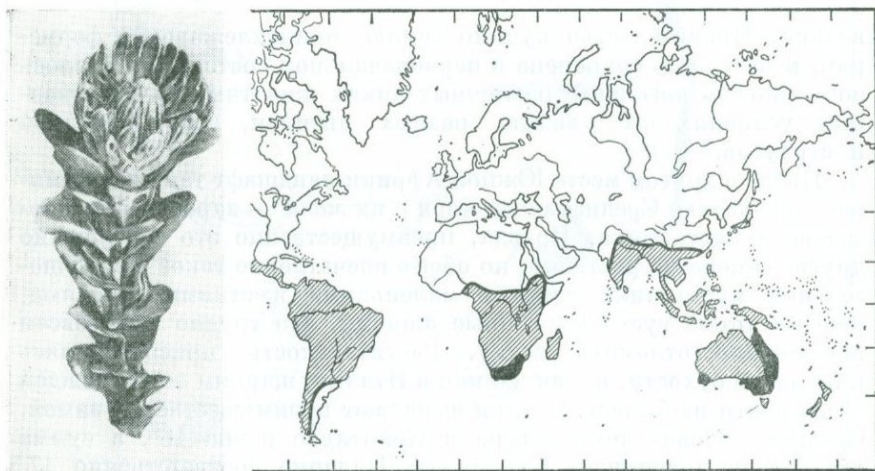


Р и с. 20.2. Полуостров Кейп. Вид на юг. На переднем плане город Кейптаун с портом, на заднем плане Столовая гора; справа гора Лайонс-Хед («Львиная голова»).

ведник. Правительство купило землю, принадлежавшую фермерам, и местность сохранена в первоначальном состоянии. Удалось восстановить поголовье различных диких животных; в естественных условиях вы увидите разных антилоп, зебр, павианов и страусов.

Нигде в другом месте Южной Африки ландшафт так не напоминает побережья Средиземного моря с их *маки* — зарослями вечнозеленого кустарника. Правда, преимущественно это совершенно другие семейства растений, но общее впечатление такое же: вечнозеленые кустарники часто с маленькими жесткими листьями, нередко столь густо усаженные шипами, что трудно или совсем невозможно отломить ветку. Растительность приспособилась к большой сухости, и, так же как в Италии, жарким летом дождей здесь почти не бывает. Осадки выпадают преимущественно зимой. Средняя годовая температура в Кейптауне равна 16° , а сумма осадков не превышает 650 мм (в Палермо соответственно 17° и 750 мм). На мысе Доброй Надежды, на Столовой горе и в других местах нередко появляющиеся при юго-восточном ветре облака и туманы («покрывало» на Столовой горе), видимо, создают несколько более приятную погоду, чем на побережье Средиземного моря, да и ход климатических элементов здесь более ровный; недаром говорят, что климат на мысе Доброй Надежды один из лучших в мире.

Может быть, именно с климатом связано необычайное *видовое разнообразие растительности*: одних цветковых растений здесь насчитывается 2600 видов. Даже на небольшой прогулке на каждом шагу встречаешь новые и новые виды. Особенно выделяются семейства вересковых и протейных, один лишь род *Erica* представлен 102 видами; это значит, что истинная родина вересковых — мыс Доброй Надежды. Красиво цветущие Proteaceae и прежде всего род *Protea*, давший название семейству, стали своего рода символом не только мыса, но и всей Южной Африки, хотя они широко распространены и в Австралии (рис. 20.3). В цветочных магазинах (и прежде всего на аэродроме Йоганнесбург) особенно охотно покупают *Protea* с крупными соцветиями; но существуют также аптеки *Protea*, мясные лавки *Protea*, страховые общества *Protea* и т. д. И никто уже не думает о происхождении названия: Протей — в греческой мифологии морское божество, способное принимать различные образы. Одно из самых заметных и красивых деревьев мыса Доброй Надежды относится к семейству протейных — *Leucadendron argenteum* (серебряное дерево) с листьями, отливающими серебром. Здесь можно встретить и растение, широко распространенное в Средиземноморье, — ползучее, с толстыми листьями *Mesembryanthemum*; но его настоящая родина здесь, на мысе. Много среди дикорастущих и наших любимых комнатных и садовых растений — амариллис, фрезезия, гемантус,



Р и с. 20.3. Современное распространение семейства протейных (черным показаны районы основного распространения). Слева *Protea* sp. Еще один пример разорванного ареала (см. рис. 11.10). В данном случае можно предположить, что миграция этого и других растений южного полушария (например, южного бука), а также животных (сумчатых, крупных бегающих бескрылых птиц) происходила через Антарктиду (в прошлом лишённую ледников). Но, вероятнее, их распространение шло иным путем — через северные материки.



Р и с. 20.4. Схематический геологический разрез от Кейптауна до мыса Доррой Надежды.

1 — серия Малмсбери (докембрий); 2 — гранит; 3 — серия Столовой горы (палеозой).

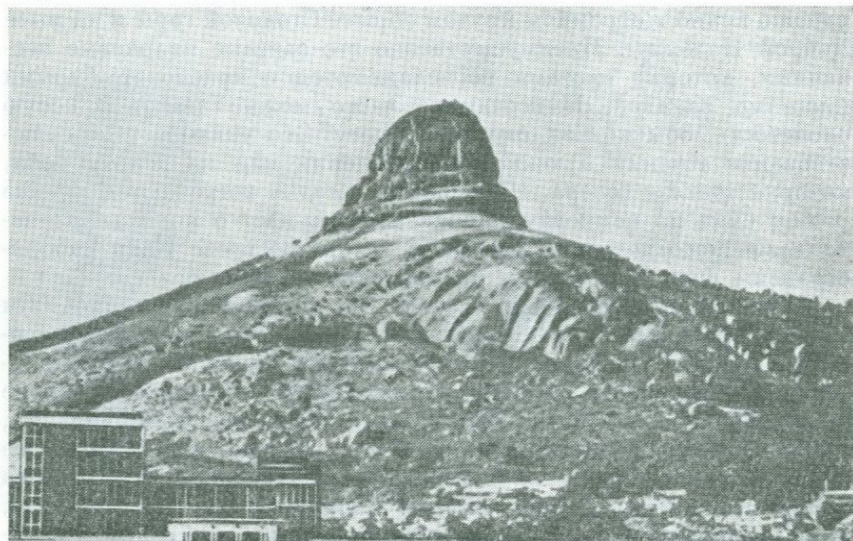
стапелия, стрелиция, перина, книфофия. Конечно, есть на мысе и растения — пришельцы из других стран. Акация с желтыми цветами так разрастается, что угнетает местную флору даже в национальном парке. В прекрасном ботаническом саду Кирстенбош под Кейптауном вас познакомят со всем многообразием растительного мира полуострова.

Не менее поучительно, чем флора, геологическое строение мыса, причем оно столь простое и наглядное, что приходится лишь сожалеть о невозможности продемонстрировать его не местным студентам (рис. 20.4). Прежде всего, вероятно, бросается в глаза, что вершины гор повсюду сложены совершенно горизонтально залегающими, правильно слоистыми осадочными породами. Это очень хорошо видно в огромном крутом обрыве Столовой горы и на мысе Доррой Надежды. Преимущественно это светлые кварцевые песчаники, которые местами переслаиваются с красновато-бурыми пластами сланцев. В песчанике часто можно заметить косую слоистость, обычно наклоненную к югу. Это указывает на существование течений в южном направлении или на дельту реки, которая текла с севера. Ископаемые остатки встречаются крайне редко; судя по немногим находкам, речь идет о породах раннепалеозойского возраста, на самом же полуострове Кейп распространены главным образом ордовикские отложения.

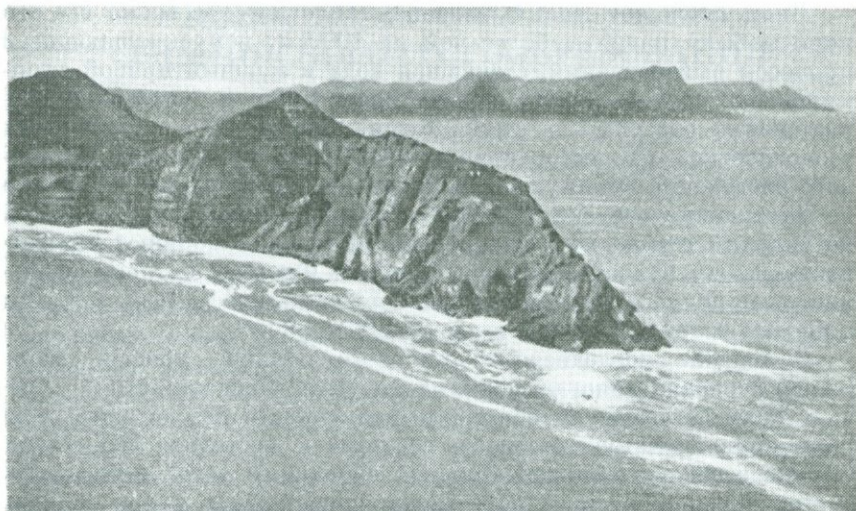
Морской или озерный бассейн, в котором отлагались эти удивительно однообразные песчаные и глинистые осадки, простирался далеко к северу. Поэтому картина лишенных растительности гор на севере часто очень похожа на ландшафт в районе полуострова Кейп. Близ Сиреса или восточнее Юланвильяма, в 100 и более километрах севернее полуострова, видны такие же крутосклонные, четко слоистые горные массивы, как у мыса Доррой Надежды. Только пласты залегают здесь, как правило, не горизонтально, а наклонно, что свидетельствует о принадлежности их складчатым горам. Несомненно иного происхождения, чем песчаники, слой *тиллита*, обнажающийся, например, у вершины Столовой горы в толще песчаника. В этом слое заметны хорошо отшлифованные, с отчетливыми царапинами гальки, указывающие на обработку их ледником; тиллит рассматривается поэтому как моренное образование. Говорят об *оледенении Столо-*

вой горы (или, правильнее, об оледенении периода образования пластов Столовой горы, так как самой Столовой горы тогда еще не было). Возраст оледенения около 400 млн. лет, оно, следовательно, значительно древнее позднепалеозойских оледенений Двайка, о которых мы узнали в Нойтгедахе.

Ордовикская или силурийская «серия Столовой горы» — так называют всю осадочную толщу и за пределами полуострова Кейп — у мыса Доброй Надежды залегает на *граните* (рис. 20.5). Этот контакт также превосходно обнажается на многих участках автомобильной дороги, ведущей к мысу. Гранит обычно сильно выветрелый и состоит как бы из дресвы; поэтому он скорее похож на рыхлый песчаник, чем на твердую изверженную породу, какой должен быть гранит. Отличается он, кроме того, включениями многочисленных крупных кристаллов белого полевого шпата, которые иногда достигают величины с кулак. Поверхность гранитного основания была неровной, когда началось отложение на нем палеозойских песчаников — кое-где отчетливо видны небольшие гребни и долинки. Кроме того, в общем поверхность гранитного цоколя наклонена к югу: у Кейптауна она возвышается на несколько сотен метров над уровнем моря, а у мыса Кейп постепенно погружается в океан (рис. 20.6).



Р и с. 20.5. Гора Лайонс-Хед («Львиная голова»). Отчетливо видно различие между массивным гранитным цоколем (округлые формы скал) и пологозалегающими пластами песчаника серии Столовой горы над ним. «Голова» из песчаника — последний останец некогда обширного песчаникового плато, простиравшегося от Столовой горы до мыса Доброй Надежды (ср. рис. 20.4!)



Р и с. 20.6. Мыс Пойнт, характерный выступ мыса Доброй Надежды. Почти весь разрез представлен отчетливо слоистыми песчаниками серии Столовой горы, и только внизу, у самого моря, обнажается гранитный доколь.

Теперь известен (благодаря калий-аргоновому методу) и абсолютный возраст гранита: 500 млн. лет. Как и все глубинные породы, он застыл под мощной толщей других образований, значительная часть которых была, несомненно, снесена, прежде чем отложились песчаники, иначе последние не могли бы залегать непосредственно на граните.

Толщи пород, в которые некогда *внедрился* гранитный расплав, местами еще сохранились. На скалистом побережье *Сипойнта*, западного пригорода Кейптауна, обнажения этих пород настолько интересны, что рядом с ними помещен большой медный щит, указывающий на поистине удивительный памятник природы. Светлые жилы гранита пронизывают здесь черные «обоженные» на контакте с гранитным расплавом до роговиков сланцы, нередко в граните «плавают» обломки темного роговика. Складчатые сланцы относят к докембрию (серия Малмсбери). Таким образом, породы, слагающие полуостров Кейп, позволяют почерпнуть из геологической летописи следующие сведения о смене геологических процессов (от молодых к более древним):

Отложение песчаников Столовой горы (песчаники включают моренные отложения ледника: тиллит Столовой горы)	Ордовик или силур
Интенсивная денудация	
Внедрение гранитного расплава	Около 500 млн. лет назад
Отложение и складкообразование сланцев (серия Малмсбери)	Докембрий

Лишь после того, как в недавнее геологическое время все эти породы были подняты более чем на 1000 м, непрекращающиеся процессы выветривания, стекавшая вода и мощный прибой сформировали *крутые берега* полуострова Кейп и заставляют их постепенно отступать в глубь суши. Других следов новейших геологических процессов сохранилось мало. Со времени последнего оледенения ветер успел переветать белый песок пляжа далеко во внутренние части полуострова. Песчаные дюны поднимаются по склонам гор на несколько сотен метров и заполняют низменность между бухтой Чапмен и городом Фисхук, которая разделяет весь полуостров Кейп на два горных острова. Дюны местами покрыты твердой светлой известковой коркой.

В течение последнего ледникового периода уровень моря (вернее, океана) иногда поднимался *выше* современного и морские воды затапливали обширные низменности полуострова, всю равнинную песчаную местность севернее и восточнее Кейптауна (теперь здесь расположен большой аэродром); тогда полуостров в его современном виде переставал существовать и над водным простором возвышались лишь один или два скалистых острова. Мыс Доброй Надежды, который тогда поднимался над зеркалом океана на 20 м меньше, чем ныне, представлял собой не оконечность Африки, а маленький остров.

УНИКАЛЬНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА АЛЬПИЙСКОГО ГОРООБРАЗОВАНИЯ

Большие горы, например Альпы, образовались вследствие того, что мощные толщи горных пород были смяты в складки и выжаты вверх. Таким образом, понятие «горообразование» в геологическом смысле охватывает прежде всего процессы, полностью изменяющие первоначальную структуру пластов пород. Многие районы Альп (а также других крупных горных цепей) отличаются чрезвычайно сложным и запутанным залеганием горных пород. Их слои часто не только смяты в складки и разорваны, но и беспорядочно надвинуты один на другой; поэтому тектоническое строение некоторых участков иногда представляет загадку не только для неспециалиста, но даже для опытного геолога. Достаточно привести один очень яркий пример: горы Митен у Фирвальдштетского озера, на котором мы в общих чертах рассмотрим проблему альпийской тектоники. Это проблема покровов надвига, то есть горизонтального перемещения целых гор и хребтов на многие километры.

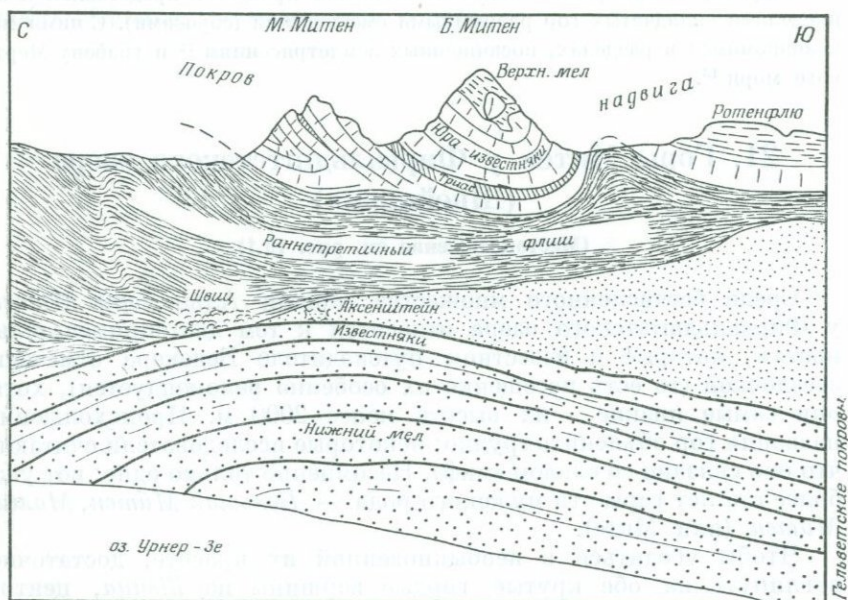
Другой, более простой тип тектонических процессов представлен и за пределами складчатых гор разрывными смещениями (сбросами). С ними мы познакомимся в разделах, посвященных землетрясениям²² и грабену Мертвого моря¹³.

21. Горы Митен у Фирвальдштетского озера (Швейцария)

(Местоположение см. рис. 19.1)

Среди бесчисленного множества вершин Альп горы Митен у Фирвальдштетского озера относятся к тем достопримечательностям, которые в известном путеводителе Бедекера отмечены звездочкой (то есть посещение их особенно рекомендуется), хотя они самые низкие — их высота менее 2000 м. Происхождение названия гор объяснить трудно; некоторые исследователи считают, что оно связано со словом «миф». Несомненно только одно: вот уже более ста лет горы эти мужского рода — *Большой Митен*, *Малый Митен* (или Мите).

Чтобы убедиться в необыкновенной их красоте, достаточно взглянуть на обе крутые гордые вершины из Швица, центра одноименного кантона, или, еще лучше, с большего расстояния скажем из Зелисберга на западном берегу Фирвальдштетского озера (рис. 21.1). Но каким бы интересным и поучительным ни был осмотр издали, более впечатляющей, чем беглый взгляд из опущенного окна автомобиля, конечно, будет трехчасовая прогулка из Швица на вершину. До горной гостиницы «Хольцэгг»



Р и с. 21.1. Горы Митен. Вид с Зелисберга у Фирвальдштетского озера. Вверху — общий вид. Внизу — геолого-тектоническое строение по А. Гейму и др. На переднем плане — складчатый фронт Друзбергского покрова (одного из гельветских покровов); свод Аксенштейн у озера Урнер-Зе. На заднем плане — флишевая зона Швица и складчатые останцы («утесы») тектонического покрова («клиппы») гор Митен (надвинутого на флиш с юга).

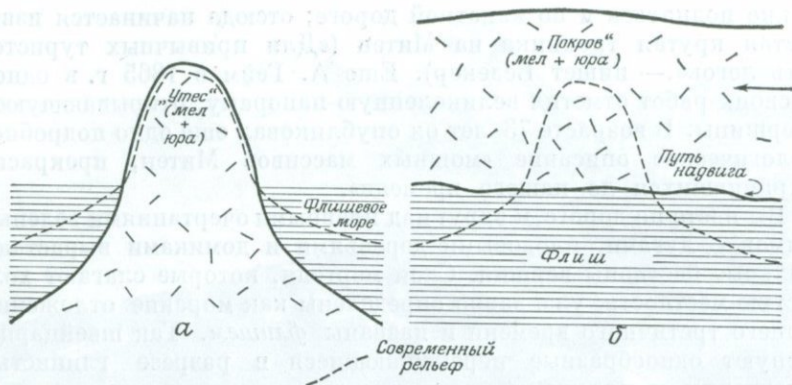
можно подняться и по канатной дороге; отсюда начинается извилистая крутая тропинка на Митен («Для привычных туристов путь легок», — пишет Бедкер). Еще А. Гейм в 1865 г. в одной из своих работ отметил великолепную панораму, открывающуюся с вершины. В возрасте 73 лет он опубликовал еще одно подробное геологическое описание «мощных массивов Митен, прекрасно сохранившихся до нашего времени».

Вы идете по дороге, и вдруг над плавными очертаниями зеленых холмов с лугами, плодовыми деревьями и домиками вырастают скальные бастионы вершин. Слои мергеля, которые слагают холмистую местность, уже давно определены как морские отложения раннего третичного времени и названы *флишем*. Так швейцарцы именуют однообразные перемежающиеся в разрезе глинистые и мергелистые пласты.

Особую проблему, связанную с этими горами, «открыл» школьный учитель из Люцерна, к тому же прекрасный геолог, Ф. Кауфман почти 100 лет назад. В журнале Швейцарского альпийского клуба он опубликовал в 1875/76 г. сообщение, поразившее весь ученый мир: находку 5 новых *юрских* окаменелостей в известняках гор Митен. Удивительно это было потому, что известняки, слагающие вершину гор, залегали, казалось, совершенно нормально на флише; следовательно, к раннему третичному времени должны относиться более молодые, а не более древние слои. Между прочим, помимо юрских отложений, здесь были обнаружены еще более древние, раннетриасовые пласты (с остатками растений), а на юрских породах, на самой вершине Митен и на соседней горе Ротенфлю залегают красноватые известняковые толщи («*couches rouges*») мелового времени.

Сначала такие необычные условия залегания объясняли тем, что эти скалистые горы из юрских и меловых известняков представляют собой *утесы*, торчащие из флишевых толщ, и, возможно, уже во флишевом море возвышались в виде настоящих обрывистых островов. Предполагалось (рис. 21.2, а), что штольня, заложенная в основании горы, пройдет те же юрские слои, которые слагают вершину, или более древние породы.

Но в начале нашего столетия альпийские геологи, работавшие во Франции и Швейцарии, установили — проф. А. Эшер фон дер Линт из Цюриха предположил это раньше, — что возможно и совершенно иное объяснение; ныне никто уже не сомневается в том, что юрские (и меловые) известняки гор Митен были *надвинуты* на залегающий под ними флиш (рис. 21.2, б). Иными словами, известняки залегают не там, где они отложились: это *аллохтонные* (перенесенные из другого места), а не *автохтонные* (оставшиеся на месте своего отложения) толщи. Они образуют *покров надвига* или, точнее, остаток покрова, некогда значительно более обширного и лишь позднее расчлененного эрозией на отдельные останцы — современные «утесы» (останцы тектонического покрова, иногда называемые также немецким словом «клиппы»). Теперь



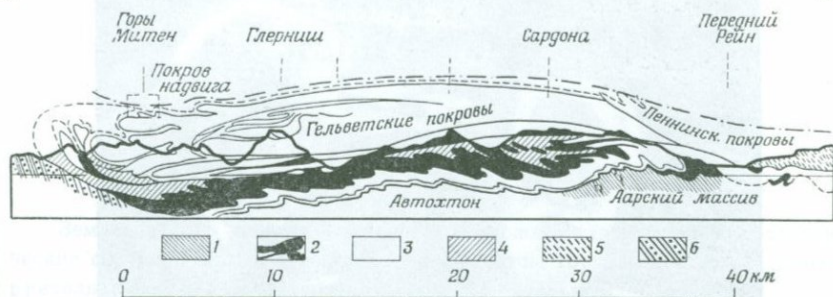
Р и с. 21.2. Прежнее и современное толкование «утеса» («клиппа») типа Митен: а) «утес» из юрских и меловых пород во флишевом море; б) покров из юрских и меловых пород, надвинутый на флиш; «утес» — останец покрова, сохранившийся от денудации.

ясно, что штольня, пройденная в массиве Митен, везде вскрыла бы флиш.

К сожалению, мощные осыпи у подножия гор и «каменные моря» на склонах не позволяют непосредственно наблюдать собственно контакт юрских известняков и флиша. Более благоприятны условия изучения в соседних *Гларнских Альпах*, а с геологической точки зрения обнажения здесь даже более поучительны, чем в горах Митен, хотя в ландшафтном отношении ничего особенного они собой не представляют. На склоне массива Шванден, обращенном к долине Лоха, на флише (рис. 21.3) залегают красные пермские конгломераты Веррукано. В день своего 80-летия А. Гейм руководил геологической экскурсией к этому классическому обнажению покрова надвига. Возложение руководства экскурсией на старого мастера геологии было заслуженной оценкой его деятельности.

Значительная часть Альп состоит из покровов надвига. (Доломитовые Альпы, о которых мы уже говорили, представляют исключение.) Очевидно, *местами в горизонтальном направлении здесь переместились целые горы* — часто, несомненно, на несколько километров, а кое-где, как предполагают некоторые геологи, более чем на 100 км.

Масштаб надвигов (а также механизм этих мощнейших тектонических движений) вызвал особенно много споров и до настоящего времени далеко еще не ясен. Однако установлено, что движения на большей части территории Альп были направлены на север или северо-запад. Некоторые исследователи полагают, что *корни северных Альп* находятся даже южнее кристаллических массивов Центральных Альп (Аарского, Готтардского и т. д.; ср. также рис. 19.1); согласно этим представлениям, Известия-



Р и с. 21.3. Смелое представление о покровах надвига в Альпах: разрез Гларнских Альп. Над автохтонным Аарским массивом располагаются передвинутые с юга на север на десятки километров и смятые в резкие складки гельветские покровы (Гларншиш и др.). Современный профиль выделен жирной линией. Горы Митен принадлежат еще более высокому покрову надвига (по А. Гейму, 1910 г.).

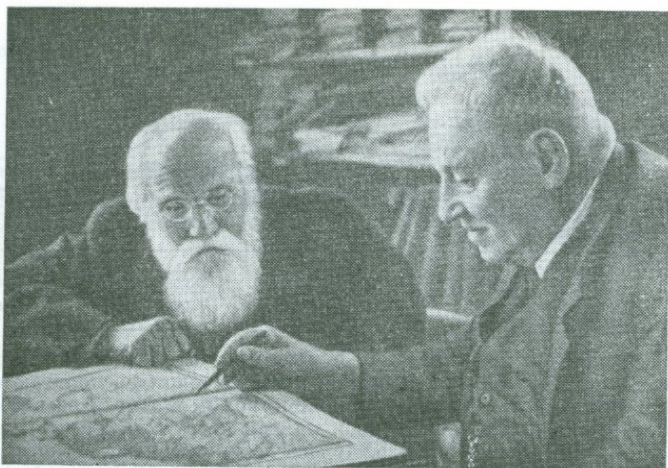
1 — бунднерские сланцы; 2 — пермь; 3 — мезозой; 4 — «дикий» флиш; 5 — раннетеррические отложения; 6 — моласса.

ковые баварские Альпы некогда находились южнее Высокого Тауэрна!

Аналогично дело обстоит и с горами Митен. Их «родину» следовало бы искать юго-восточнее Гларнских Альп, в долине Переднего Рейна. Во всяком случае, они аллохтонны. Если, следовательно, они своей причудливой формой вершин выделяются в ландшафте как чужеродные, то это действительно непосредственный результат их тектонической истории. Они на самом деле являются отражением мощнейшего горообразования и альпийской тектоники.

На обзорной карте (рис. 19.1) приведено совершенно непонятное неспециалисту подразделение Альп. Основано оно на тектоническом районировании: показанные на карте Гельветская, Пеннинская, Восточно-Альпийская и другие зоны представляют собой серии пород, претерпевших одинаковое складкообразование, испытавших одинаковые тектонические движения и залегающих одинаково друг на друге. Часто эти крупные тектонические единицы разделены на отдельные покровы. Покров надвига, образующий горы Митен, залегает на гельветских покровах (рис. 21.3), к которым относятся высокие горные цепи в центральной и южной частях района Фирвальдштетского озера. На берегу озера Урнер-Зе в южной части обнажаются великолепные складки этих (преимущественно мелового возраста) пластов, особенно четко выделяющиеся при взгляде с борта прогулочного катера, который совершает рейсы между Флюэленом и Брунненем. Совершенно ясно, что надвинувшиеся покровы не могли не изменить в корне первоначально правильную слоистость.

Расположенный несколько севернее массив Риги, напротив, с геолого-тектонической точки зрения представляет собой «без-



Р и с. 21.4. А. Гейм (1849—1937), глава швейцарских геологов, и (справа) столь же знаменитый немецкий исследователь Альп периода оледенения А. Пенк (1858—1945).

обидную» гору, хотя и широко известную среди туристов (вспомните юмористическое описание Марка Твена, опубликованное в 1878 году!). Гора сложена пологозалегающими третичными конгломератами, песчаниками и другими породами (*молассой*), которые отложились лишь после того, как крупные альпийские складкообразования и надвиги покровов прекратились.

Горообразование у геолога всегда ассоциируется с нарушением залегания горных пород, то есть для него это прежде всего *тектоническое понятие*. Под этим углом зрения мы рассмотрели горы Митен. В основе своей, что касается крупных складок и поднятий, облик гор обусловлен тектоникой, но более тонкие, нередко и более заметные черты его тесно связаны с непрерывным воздействием *внешних сил*: выветривания, текущей воды, ледников, ветра. Об этих силах мы часто будем говорить в нашей книге, они тоже, конечно, относятся к процессам, образующим, вернее преобразующим, горы. Тот, кто побывает на Фирвальдштетском озере, найдет в «*Ледниковом саду*» Люцерна небольшую скалу, обработанную ледником. Крупный швейцарский геолог А. Гейм (рис. 21.4), имя которого мы несколько раз упоминали, также внимательно изучал эту скалу, как внимательно анализировал и различные тектонические идеи, возникавшие у геологов, исследовавших Швейцарские Альпы.

ИЗВЕСТНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Землетрясения служат наглядным доказательством того, что тектонические силы Земли, некогда создавшие большие горы, действуют и поныне, приводя к катастрофам, нередко весьма значительным.

Крупнейшие землетрясения приурочены к вполне определенным зонам земного шара — прежде всего к обрамлению Тихого океана и горному поясу, протягивающемуся от Средиземного моря до Юго-Восточной Азии. Очаги (гипоцентры) землетрясений обычно расположены на глубине нескольких десятков, а иногда и сотен километров. Места наибольшей интенсивности землетрясений на поверхности земли называют эпицентрами. С очагами землетрясений тесно связаны зоны тектонических разломов или сбросов (например, разлом Сан-Андреас в Калифорнии). Однако такая непосредственная связь с тектоникой, вопреки широко распространенному среди геологов мнению, проявляется довольно редко, причем в основном при крупных землетрясениях (три из них и будут рассмотрены ниже). Другими примерами связи землетрясений с тектоникой могут служить Новая Зеландия¹⁴ и грабенная зона¹⁵. Непосредственными, прямыми последствиями землетрясений являются оползни и обрушения берегов (Анкоридж, 1964 г.), а также сейсмические волны — цунами (Чили, 1960 г.).

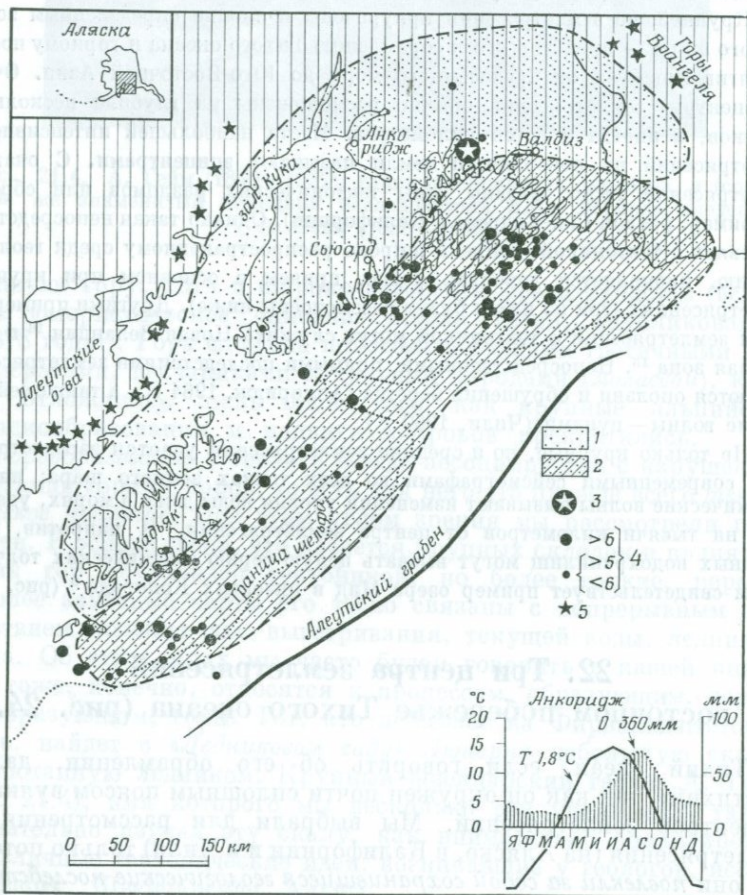
Не только крупные, но и средние землетрясения удается зарегистрировать современными сейсмографами во всех точках земного шара; иногда сейсмические волны вызывают изменения уровня воды даже в морях, удаленных на тысячи километров от центра землетрясения. И напротив, воды крупных водохранилищ могут вызвать целую серию сейсмических толчков, о чем свидетельствует пример озера Мид в низовьях Колорадо⁵ (рис. 5.9).

22. Три центра землетрясений на восточном побережье Тихого океана (рис. 24.1)

Тихий океан, если говорить об его обрамлении, далеко не «тихий», так как он окружен почти сплошным поясом вулканов и центров землетрясений. Мы выбрали для рассмотрения три землетрясения (на Аляске, в Калифорнии и в Чили) только потому, что они *повлекли за собой сохранившиеся геологические последствия*, что бывает весьма редко. Так, самое известное в истории человечества *Лиссабонское землетрясение* (1 ноября 1755 г.) не оставило никаких следов в ландшафте, и о нем нам напоминают лишь руины одной из прекрасных готических церквей — Игрежа-ду-Карму. Во время этого землетрясения погибло 30 тыс. человек; толчки его отмечены на расстоянии до 2 тыс. км.

27 МАРТА 1964 г.

Анкоридж — крупнейший город Аляски с населением 50 тыс. человек — сейчас стал более известным, чем несколько десятилетий назад. Его аэропорт играет значительную роль на «полярной» трассе из Европы в Японию. С геологической точки зрения Аляска чрезвычайно привлекательна не только для сейсмологов, но и для исследователей ледникового периода, ибо только здесь — если не считать Сибири — можно по-настоящему изучить многолетнюю мерзлоту, ледяные клинья и пинго — пологие холмы



Р и с. 22.1. Главная область сотрясений во время Аляскинского землетрясения 27 марта 1964 г. с районами опускания и поднятия. Шарнир движений параллелен Алеутскому глубоководному грабену и цепи вулканов Алеутских островов. Эпицентры последующих толчков (афтершоков) распределены по всей области.

1 — опускание; 2 — поднятие; 3 — главное землетрясение; 4 — последующие толчки; 5 — вулкан.

с ледяными ядрами (которые с трудом по различным признакам реконструируются в районах давно прошедших оледенений Северной Америки и северной Европы).

Аляскинское землетрясение, происшедшее 27 марта 1964 г. в 17 часов 36 минут по местному времени, рассматривается как одно из крупнейших сейсмических событий последних десятилетий. Главной областью сотрясений был юг центральной части штата (рис. 22.1); центр землетрясения на земной поверхности (*эпицентр*) во время главного толчка располагался в 120 км к востоку от Анкориджа (на северном побережье залива Принс-Вильям). Несмотря на краевое положение эпицентра, сотрясения, продолжавшиеся в зоне очага полторы — четыре минуты, *ощущались на половине территории Аляски*. Многочисленные повторные толчки (более 130 толчков с магнитудой свыше 5!) распределились в области, вытянутой на 800 км параллельно Алеутскому глубоководному грабену; это свидетельствует о поистине гигантских масштабах движений, происходивших в недрах Земли. Соответственно интенсивность главного землетрясения была очень велика (8,4). Эта цифра характеризует *магнитуду* землетрясения в соответствии со шкалой, определяющей степень интенсивности землетрясения по показаниям стандартного сейсмографа. Эта (логарифмическая) шкала магнитуд разработана американским сейсмологом Ч. Рихтером. Она далеко не так наглядна, как нередко применяемая 12-балльная шкала Меркалли (которая основана на определении визуально наблюдаемых последствий землетрясений — повреждений зданий и т. п.), зато она гораздо более объективна. На рис. 22.2 приведена весьма оригинальная «сейсмограмма».

Собственно очаг главного толчка (*гипоцентр*) находился восточнее Анкориджа, между Анкориджем и Валдизом, на глубине 20—50 км (это немного в сравнении с гипоцентрами, располагающимися на глубинах до 700 км!). При «неглубоких» землетрясениях (с очагами, расположенными на глубине всего лишь несколько десятков километров) разрушения бывают весьма значительными. Известным примером может служить катастрофическое Агадирское землетрясение 1960 г. со значительно меньшей глубиной очага (3 км) и меньшей магнитудой (5,6), которое унесло 12 тыс. человеческих жизней. Но на Аляске плотность населения невелика. Поэтому число жертв по сравнению с Агадирским землетрясением оказалось небольшим (112 человек), если учесть, что *энергия Аляскинского землетрясения более чем в 10 000 раз превышает энергию Агадирского землетрясения!* Убытки от повреждения зданий оценены властями Аляски в 0,5—0,75 млрд. долларов.

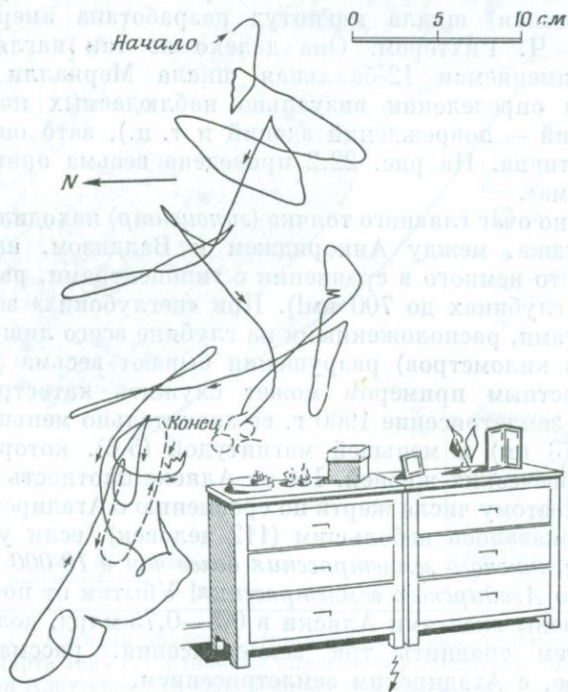
Попробуем сравнить три землетрясения, рассматриваемые в этой главе, с Агадирским землетрясением.

Эти данные наглядно показывают, что истинная сила землетрясения и масштабы приносимых ими разрушений часто совершенно не согласуются между собой и что катастрофический

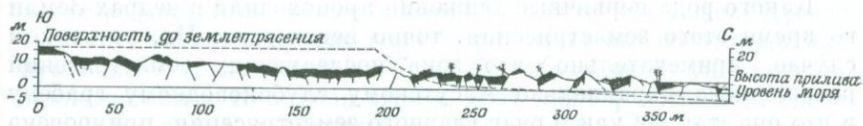
	Магнитуда	Шкала Меркалли	Число человеческих жертв
Аляска, 27 марта 1964 г.	8,4	X	112
Сан-Франциско, 18 апреля 1906 г.	8,3	IX—X	несколько сотен
Чили, 22 мая 1960 г.	8,4	X	4 тыс.
Агадир, 29 февраля 1960 г.	5,6	X	12 тыс.

характер землетрясений не может служить мерилom при определении силы сейсмической энергии, сотрясающей землю в течение нескольких минут.

Геологическими последствиями Аляскинского землетрясения явились, в частности, многочисленные оползни в горах и обрушения берегов. Наибольших размеров обрушения берегов достигли в Анкоридже. Один шофер вспоминает: «Когда началось землетрясение, я как раз ехал по улице Мак-Колли на запад. Я сразу остановился и решил подождать, когда толчки прекратятся. Я почув-



Р и с. 22.2. Необычная «сейсмограмма», полученная в Анкоридже. Этот забавный рисунок (см. масштаб) прочертила ножка шкафчика на асфальтовом полу комнаты во время Аляскинского землетрясения.



Р и с. 22.3. Обрушение берега в Турнагайне 27 марта 1964 г. Участок берега длиной 3,5 км с многочисленными домами сполз в сторону моря и был разбит на отдельные глыбы (белым показаны глины Бутлеггер-Ков, черным — молодые наносы).

ствовал, что моя машина начала качаться с севера на юг. Качка была такой сильной, что у меня чуть не началась морская болезнь. Из машины было видно, как в земле образовалась трещина, вытянутая с севера на юг. Я видел также, как оторвалась и переместилась приблизительно на 100 м на юг береговая скала».

При образовании этого *Турнагайнского оползня* в Анкоридже произошло смещение в сторону моря участка шириной 240—360 м и длиной 3,5 км, который раскололся при этом на тысячи отдельных глыб. Место отрыва достигло более 15 м в высоту, получили повреждения и разрушились более 70 домов. Посетив эти места через полтора года, я увидел беспорядочное нагромождение глыб, вырванные с корнями деревья и т. д. (рис. 22.3).

Примечательно, что разрушительные оползни происходят в рыхлых осадочных породах, которые при сотрясении начинают скользить. Турнагайнский оползень связан с ледниковыми *глинами* Бутлеггер-Ков. Еще более примечательно, что Геологическая служба США, изучавшая этот район раньше и проводившая в нем инженерно-геологическую съемку, в отчете за 1959 г. предупреждала, что в Анкоридже в случае землетрясения могут произойти оползни и что в первую очередь они угрожают зданиям, построенным на глинах Бутлеггер-Ков. Именно так все и произошло!

Разрушения в Анкоридже и других местах сохранятся надолго, хотя бы на старых городских планах, которые можно сопоставить с новыми. Однако наиболее разительны *изменения в высотном положении территорий*: к востоку от линии, протягивающейся от острова Кадьяк к району эпицентра главного землетрясения, обширный район оказался *приподнятым* на 2 м (относительно его положения до землетрясения), тогда как к западу от этой линии поверхность *опустилась* в среднем на 1 м (рис. 22.1). В общем этими движениями была захвачена площадь около 200 тыс. км², то есть почти равная территории ФРГ и *большая, чем любая из территорий, захватывавшихся землетрясениями в историческое время*. Здесь действовали поистине исполинские тектонические силы. Впрочем, для Аляски вообще характерны наибольшие из известных амплитуд поднятий, связанных с землетрясениями: 14 м в бухте Якутат в сентябре 1899 г. и *даже 15 м* на острове Монтагью 27 марта 1964 г.

Какого рода первичные движения происходили в недрах Земли во время этого землетрясения, точно неизвестно. Но, во всяком случае, примечательно, что зона последующих землетрясений расположена параллельно Алеутскому глубоководному грабену и что она, так же как и очаг главного землетрясения, приурочена к вогнутой (то есть континентальной) стороне этого дугообразного грабена. Возможно, какие-то движения внезапно произошли вдоль границы между континентальной и океанической корой (то есть между «спалем» и «симой»); эта граничная поверхность предположительно проходит по дну океана северо-западнее Алеутского грабена, полого погружаясь в северо-западном направлении на глубину около 40 км. Соответственно гипоцентры последующих землетрясений в зоне, близкой к грабену, располагались в общем близко к земной поверхности, а в сторону горных цепей Аляски, напротив, глубже. Можно предположить, что глубинный «клин» земной коры внезапно поддвинулся в северо-западном направлении под континентальную кору (см. также рис. 22.7).

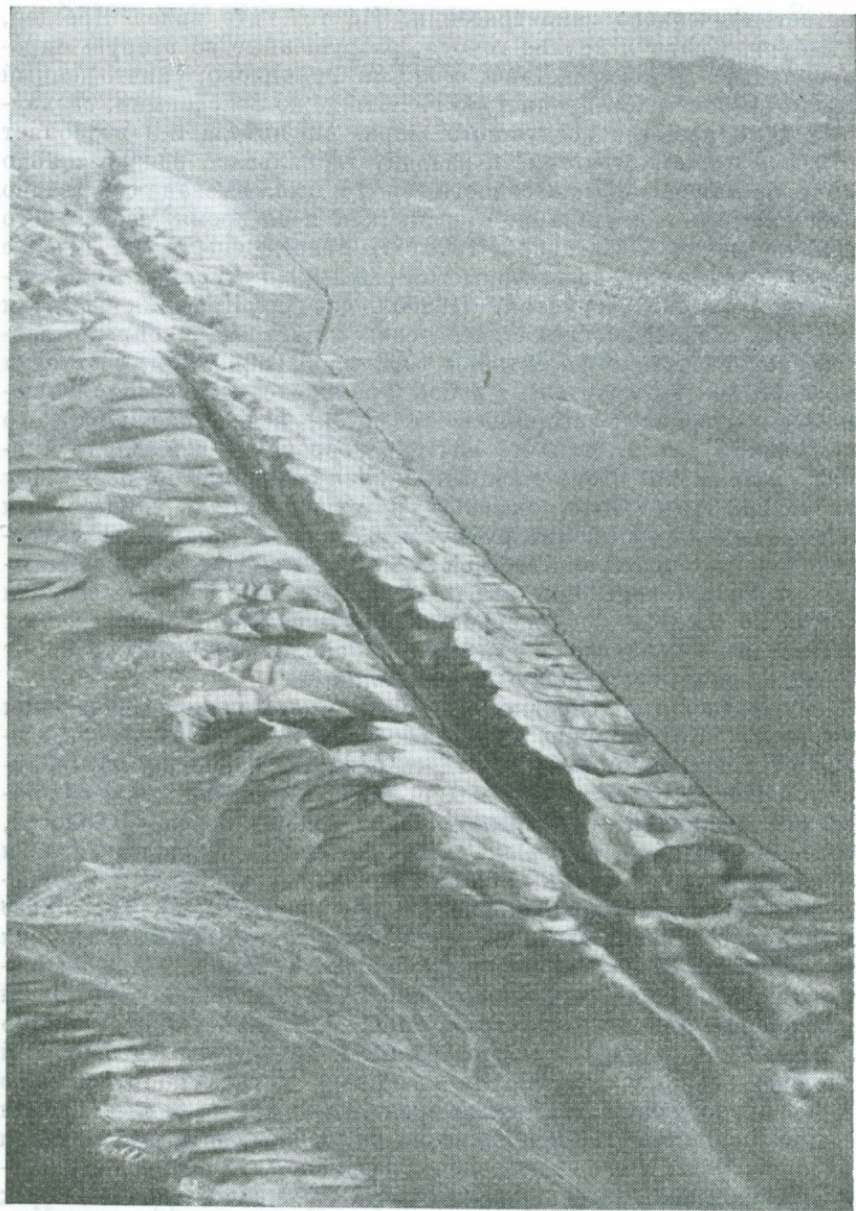
Со времени крупного Лиссабонского землетрясения 1755 г. известно, что *уровень моря* и других водоемов реагирует на землетрясения колебаниями, причем на очень больших расстояниях; во время Лиссабонского землетрясения такие колебания наблюдались даже в Скандинавии, то есть за 3 тыс. км, а в 1950 г., во время Ассамского землетрясения, — в Норвегии и Англии, за 7 тыс. км. Эти медленные колебания уровня вод называют *сейсмическими сейшами*. Сейши, вызванные Аляскинским землетрясением 1964 г., были очень детально изучены А. Макгаром и Р. Форисом. Это землетрясение зарегистрировано 850 водомерными постами, в основном на североамериканском континенте, в штатах, примыкающих к Мексиканскому заливу (во Флориде амплитуда колебаний превысила 20 см). Однако сейши наблюдались и на Гавайских островах и даже в Австралии, следовательно, более чем за 11 тыс. км. Это, вероятно, самое большое из расстояний, на котором землетрясение зарегистрировано без помощи сейсмографов! Еще более чутким, чем уровень воды в водоемах, оказался уровень воды в глубоких колодцах. Изменение последнего позволило зарегистрировать это землетрясение даже в Южной Африке (то есть за 17 тыс. км).

б) САН-ФРАНЦИСКО, СВРОС САН-АНДРЕАС И КАЛИФОРНИЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 18 АПРЕЛЯ 1906 г.

Большое землетрясение, происшедшее 18 апреля 1906 г. в 5 часов 14 минут в Калифорнии, называют обычно землетрясением в Сан-Франциско или даже «пожаром Сан-Франциско». Оно взволновало умы гораздо больше, чем два других рассматриваемых здесь крупных землетрясения, поскольку оно разрушило большой многонаселенный город. Сейчас, посетив Сан-Франциско, вы, разумеется, не заметите в нем никаких следов этого

катастрофического землетрясения. Но тот, кто видел Дрезден, Гамбург, Кёльн и другие города, разрушенные во вторую мировую войну, легко представит себе Сан-Франциско, уничтоженный землетрясением 18 апреля 1906 г. Есть даже фотоснимки, сделанные в то время с воздушного шара. Магнитуда 8,3 позволяет отнести это землетрясение к разряду глобальных, однако только лишь часть ущерба, нанесенного городу, была вызвана собственно сейсмическими причинами, причем (как и во время Мессинского землетрясения 28 декабря 1908 г.) повреждены были прежде всего сооружения, возведенные на рыхлых, в основном на искусственно намывных грунтах. Наибольшие опустошения вызвали пожары. Как и во время гигантской катастрофы, сопровождавшей землетрясение 1 сентября 1923 г. в Токио, когда от огня погибло 100 тыс. жителей, в Сан-Франциско легковоспламеняющиеся материалы загорались от печек, вследствие короткого замыкания и т. д., так что почти одновременно вспыхнуло множество пожаров. Огонь распространился очень быстро, поскольку городской водопровод оказался разрушенным, а улицы были загромождены обломками рухнувших зданий. Никакой эффективной борьбы с пожарами вестись не могло, и с огнем удалось справиться только через три дня (и то потому, что все дома сгорели и пожар уже не мог распространяться дальше). Человеческих жертв было сравнительно немного — около 450 человек, но от 28 тыс. домов остались одни развалины.

Для геологов основной интерес представляют изменения в рельефе Калифорнии, вызванные этим и другими землетрясениями и сохранившиеся до самого последнего времени. Выяснилось, что сотрясения связаны с давно известной трехсоткилометровой линией — *смещением, или, говоря языком геологов, сбросом, разломом, рифтом Сан-Андреас* (правда, рифтом геологи обычно называют очень широкие «трещины», такие, как Верхне-рейнский грабен или восточноафриканские грабены). «Трещина» Сан-Андреас, видимо, *наиболее известный из наблюдаемых на поверхности Земли геологических разломов*. С самолета или на геологических картах он выглядит как пропиленная текущей водой совершенно прямая линия, по которой местами отчетливо заметно смещение отдельных элементов рельефа. Так, русла рек на одной стороне разлома смещены на несколько метров по отношению к их продолжению на другой (рис. 22.4). После землетрясения в Сан-Франциско смещение можно было наблюдать по разрывам заборов, улиц и т. д. Совершенно очевидно, что по разлому Сан-Андреас происходят *горизонтальные движения* земной коры; восточнее линии разлома кора смещена к югу на расстояние до 5 м относительно западной глыбы. Кое-где линия разлома в течение какого-то времени действительно была зияющей трещиной; рассказывают, что в нее даже попала корова, но это, вероятно, крайне редкий случай. Разломы с горизонтальным смещением называют «сдвигами». К горизонтальному смещению обычно



Р и с. 22.4. Сброс Сан-Андреас, округ Сан-Луис, Калифорния. Вид на юго-восток. Вследствие эрозии линия сброса выделяется особенно четко. Воды стекают на снимке вправо; из-за горизонтальных движений по линии сброса водотоки нередко отклоняются под небольшим углом вправо вперед («правосторонний» сдвиг; правая глыба выдвинута вперед).

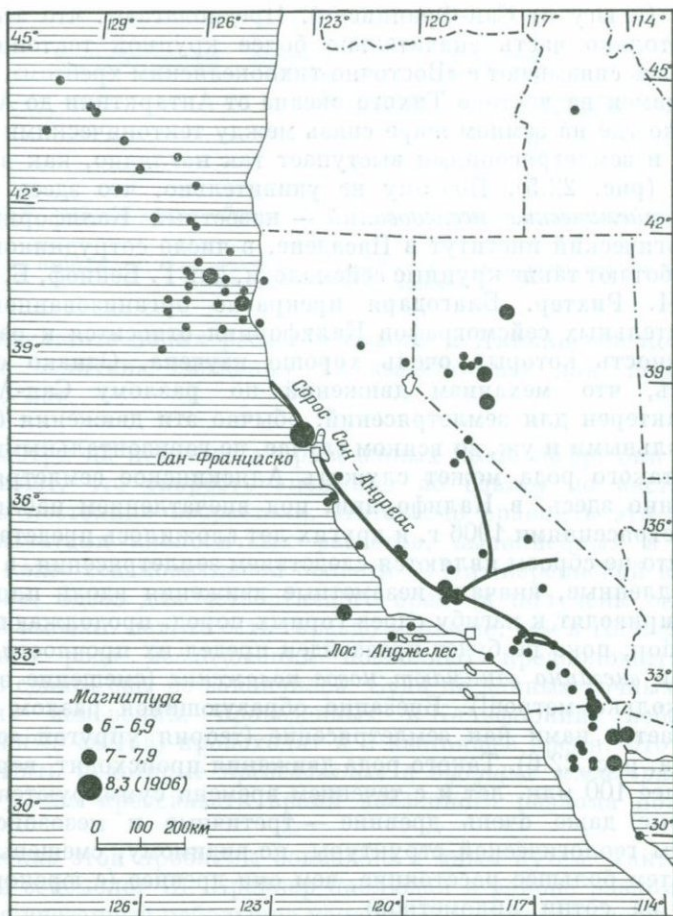


Рис. 22.5. Сброс Сан-Андреас и очаги важнейших землетрясений ($M = 6$ и более), происшедших в Калифорнии и соседних областях. Эпицентры пяти последующих землетрясений расположены поблизости от эпицентров уже известных землетрясений. Отчетливо видна приуроченность землетрясений к сбросу. Разрушительное Агадирское землетрясение 1960 г. имело магнитуду (M) менее 6.

добавляется вертикальное; но даже во время Калифорнийского землетрясения амплитуда вертикальных смещений не превышала 1 м.

Сброс (разлом) Сан-Андреас имеет северо-западное — юго-восточное простирание. Он прослеживается от мыса Арена (190 км северо-западнее Сан-Франциско) через полуостров Сан-Франциско до северной части Калифорнийского залива. Разлом повсеместно отражен в ландшафте. Так, например, в зоне разлома находятся продольно вытянутые озера Сан-Андреас и Кристал-

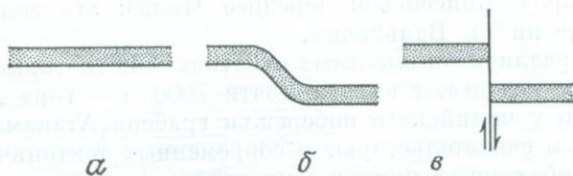
Спринг (к югу от Сан-Франциско). Предполагают, что этот разлом — только часть значительно более крупной тектонической линии, его связывают с «Восточно-тихоокеанским хребтом», протягивающимся на востоке Тихого океана от Антарктики до Аляски.

Редко где на земном шаре связь между тектоническими структурами и землетрясениями выступает так наглядно, как в Калифорнии (рис. 22.5). Поэтому не удивительно, что здесь возник *центр сейсмических исследований* — известный Калифорнийский технологический институт в Пасадене, в числе сотрудников которого работают такие крупные сейсмологи, как Г. Бениоф, Б. Гутенберг, Ч. Рихтер. Благодаря прекрасно организованной сети чувствительных сейсмографов Калифорния относится к районам, сейсмичность которых очень хорошо изучена. Однако следует заметить, что механизм движений по разлому Сан-Андреас не характерен для землетрясений; обычно эти движения бывают вертикальными и уж, во всяком случае, не горизонтальными. Примером такого рода может служить Аляскинское землетрясение.

Именно здесь, в Калифорнии, под впечатлением наблюдений за землетрясениями 1906 г. и других лет сложилось представление о том, что не сбросы являются следствием землетрясения, а наоборот: медленные, вначале незаметные движения вдоль плоскости сброса приводят к изгибу слоев горных пород, продолжающемуся до тех пор, пока не будет превзойден предел их прочности; тогда эти слои *внезапно занимают новое положение* (смещение заборов на несколько метров!). Внезапно образующийся разлом и воспринимается нами как землетрясение (теория упругой «отдачи» Г. Рейда, рис. 22.6). Такого рода движения происходят, вероятно, уже более 100 млн. лет и с течением времени суммируются. Ведь некоторые даже очень древние — третичные и мезозойские — элементы геологической структуры, по-видимому, смещены, причем на тем большее расстояние, чем они древнее (с юрского времени — на сотни километров).

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ПО РАЗЛОМУ САН-АНДРЕАС

Суммарная амплитуда сдвига	Км	Возраст, млн. лет	Средняя скорость сдвига (км/млн. лет)	
			до настоящего времени	в промежутки времени
С поздней юры	560	140	4	1,2
С мела	510	100	5,1	3,0
С раннего эоцена	360	50	7,2	6,7
С позднего миоцена	100	12	8,3	7,7
Со среднего плейстоцена	16	1	16	16
В настоящее время (при средней скорости 5 см/год)			48	



Р и с. 22.6. Образование сброса при землетрясении вследствие изгибания слоев.

а — слои не напряжены; б — медленное изгибание, в — внезапный разлом и упругая «отдача» — землетрясение.

В результате новых расчетов Гранца и Диккинсона получена средняя величина смещения 13 км/млн. лет для последних 25 млн. лет.

Несмотря на неточность приведенных выше цифр, они все же показывают, что скорость смещения по сдвигу до настоящего времени постоянно возрастала. Интересно сравнить эти данные с результатами аналогичных расчетов, выполненных в значительно менее сейсмоактивной области — Нижнерейнской впадине у Кёльна. Здесь для четвертичного времени получены скорости 0,1—0,3 км/млн. лет, то есть гораздо меньшие, чем в Калифорнии.

Такого рода исследования позволяют предположить, что процесс сдвига еще не закончился. Судя по данным точных геодезических измерений, проведенных в Калифорнии, небольшие смещения (5 см/год) происходят и в настоящее время. Это позволяет делать некоторые предсказания о будущих землетрясениях, однако точно предсказать время внезапного разлома пока еще нельзя.

Решение этой проблемы возможно и иным путем. Так, американский сейсмолог Ш. Брейнер наблюдал в районе разлома Сан-Андреас внезапные небольшие изменения магнитного поля Земли, за которыми через несколько часов или дней следовали почти незаметные землетрясения. Породы под влиянием давления изменяют свои магнитные свойства и электропроводимость, и если их постоянно измерять, то в простых геологических условиях, таких, как в Калифорнии, действительно возможно предсказание землетрясений.

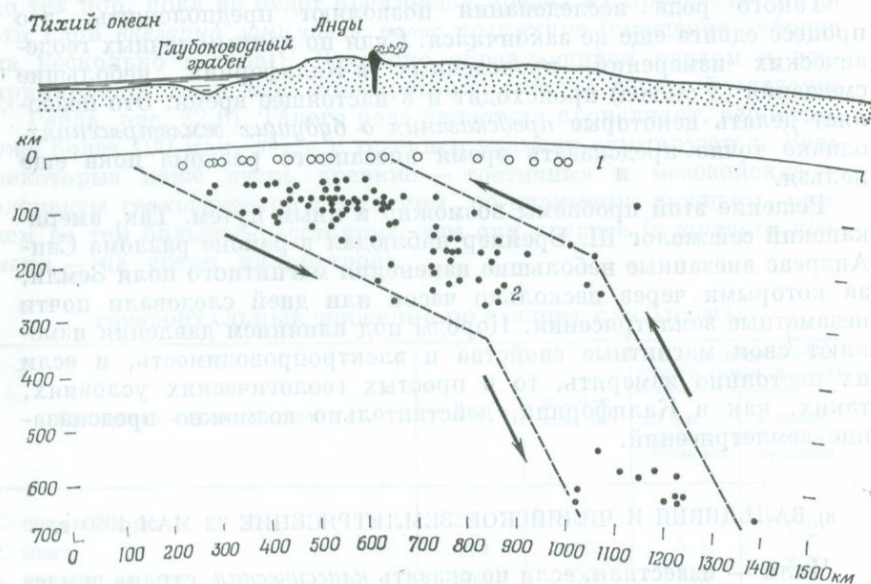
в) ВАЛЬДИВИЯ И ЧИЛИЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 22 МАЯ 1960 г.

Чили — известная, если не сказать *классическая*, страна землетрясений. В романе «Чилийское землетрясение» Г. Клейста (1777—1810) катастрофическое землетрясение в Сантьяго послужило завязкой трагической любовной истории, а классик естествознания Ч. Дарвин в дневнике, который он вел на корабле «Бигль», подробно описал большое землетрясение 1835 г., разру-

шившее город Консепсьон (среднее Чили); это землетрясение он сам пережил в Вальдивии.

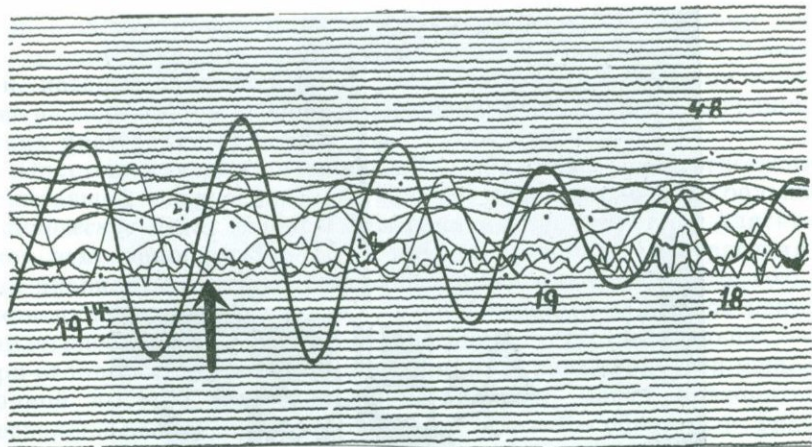
Резкие различия в высотных отметках Анд (которые к востоку от Сантьяго достигают высоты почти 7000 м — гора Аконкагуа) и лежащего у чилийского побережья грабена Атакама глубиной более 8000 м свидетельствуют о современных тектонических движениях и объясняют причины многочисленных и многократных разрушительных землетрясений в этой стране. Глубокое расположение эпицентров (до 700 км!) указывает на то, что Южная Америка надвигается на прилежащую к ней часть Тихого океана вдоль погружающейся на восток гигантской мобильной зоны [или наоборот, Тихий океан поддвигается под материк (рис. 22.7)].

К землетрясениям глобального масштаба относится землетрясение 22 мая 1960 г., явившееся причиной тяжелых разрушений прежде всего в городе Вальдивии. О силе этого землетрясения можно судить уже по сейсмограмме, полученной в Бенсберге под Кёльном (рис. 22.8): даже на расстоянии 12 500 км смещения почвы достигли двойной амплитуды 6 мм! Первое вступление волн в Бенсберге было зарегистрировано через 19½ минут после начала землетрясения. Посетив Вальдивию в 1967 г., я еще увидел многочисленные развалины. Впечатляющим памятником о катастрофе является остаток кирпичной стены с двумя колоколами



Р и с. 22.7. Глубина очагов землетрясений в Южной Америке (южнее 19° ю. ш.). Очаги приурочены к тектонической зоне, погружающейся к востоку; материк, по-видимому, надвигается на Тихий океан. Разрушительные землетрясения характеризуются неглубокими очагами. Вверху схематический профиль земной поверхности.

1 — неглубокие очаги землетрясений; 2 — глубокие очаги землетрясений.



Р и с. 22.8. Часть сейсмограммы мощного Чилийского землетрясения 22 мая 1960 г. и двух непосредственно предшествовавших ему землетрясений, зарегистрированных на расстоянии 12 500 км от Чили, в Бенсберге под Кёльном. Направление записи слева направо и снизу вверх. Вычерченные линии обычно почти прямые и лишь немного извилистые (постоянное общее беспокойство почвы); одна линия отделена от другой интервалом в четверть часа. Вступление в 19 часов 15 минут — результат землетрясения, происшедшего за 15 минут до главного землетрясения. Кривые с большой амплитудой отражают длиннопериодные поверхностные волны главного землетрясения. Сейсмограф увеличивает короткопериодные волны в 6500, а длиннопериодные — только в 5—6 раз. Даже в Бенсберге смещение почвы составило 6 мм!

на грубой деревянной раме — единственное, что сохранилось от кафедрального собора (рис. 22.9). Нужно, однако, сказать, что зданиям, построенным достаточно прочно, не было нанесено никаких повреждений (например, большой гостинице «Сан-Педро»). Во всех этих странах вообще уделяется большое внимание *антисейсмическому строительству*; даже в ФРГ действуют соответствующие инструкции о строительстве в районе Кёльна, Швабском Альбе и других местностях, испытывающих слабые землетрясения.

Если человеческих жертв при Чилийском землетрясении было меньше, чем при других известных землетрясениях, то только потому, что главному толчку *предшествовали* два менее сильных (хотя и достаточно ощутимых) предварительных сотрясения, одно за сутки, другое за 15 минут до основного толчка. Поэтому почти все население успело своевременно покинуть жилища; жители этой страны, часто подверженной землетрясениям, уже столетиями спасают так свою жизнь.

Разрушительное *главное землетрясение* началось в 15 часов 11 минут. Один из свидетелей землетрясения проф. В. Вейшёт, преподававший тогда в Вальдивии, рассказывает: «У очевидцев прежних землетрясений создалось ощущение, что земля под ногами плавно поднималась и опускалась. Я же ощущал только очень сильные, валившие с ног отдельные толчки; видел, как



Р и с. 22.9. Колокола собора в Вальдивии — единственное, что уцелело при землетрясении 22 мая 1960 г. (фотография 1967 г.).

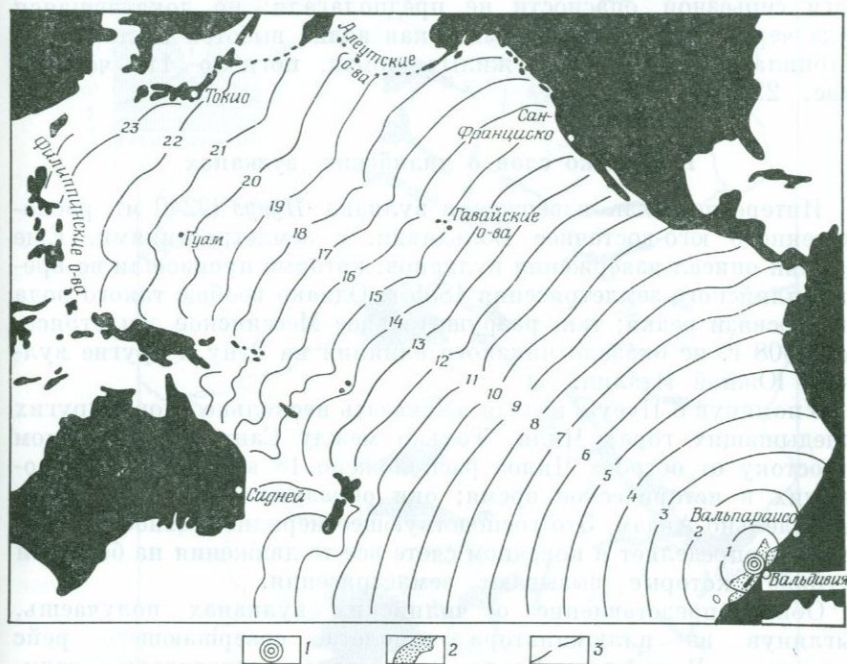
расходятся и снова сдвигаются сарай, гараж и дом, ходуном ходит забор, вздрагивает печная труба, как выплескивается вода из бака, установленного на крыше. В 15 часов 16 минут главное землетрясение прекратилось». Другие очевидцы сравнивали его с движением маленькой лодки в бушующем море (с периодом 10—20 секунд).

Наиболее интенсивные движения, судя по данным североамериканского сейсмолога П. Сен-Амана (преподававшего в то время в Сантьяго), наблюдались: 1) на побережье между Пуэрто-Сааведра (между Вальдивией и Консепсьоном) и островом Чилоэ; эпицентр располагался в прилегающей части океана и 2) вдоль хорошо известного геологам сброса Релонкави в Андах (на линии сброса находится вулкан Пуеуэ).

Так же как Аляскинское и Калифорнийское, это землетрясение вызвало многочисленные геологические последствия (что и следо-

вало ожидать при его магнитуде 8,4) — оползни, местами подпрудившие реки, проседание более чем на 2 м обширных площадей, которые оказались ниже уровня моря. В Вальдивии торчащие из воды столбы заборов и погибшие деревья отмечали границы таких проседаний грунта.

Опустошения не ограничились областью, непосредственно испытавшей сотрясения, — в океане возникли очень большие сейсмические волны (японцы называют их *цунами*). При Аляскинском землетрясении 1964 г. и других крупных землетрясениях, как правило, с очагами, расположенными в океане, также возникали цунами. На побережьях, расположенных далеко от центра землетрясения, вода начинает внезапно отступать (дальше, чем при отливе), чтобы через 10 или 20 минут снова вернуться мощной волной высотой в несколько метров. Это может повторяться несколько раз. Цунами наблюдаются, главным образом, в Тихом



Р и с. 22.10. Сейсмические волны (цунами), образовавшиеся после Чилийского землетрясения 22 мая 1960 г. Цифры означают часы, прошедшие с момента землетрясения (время очага — 15 часов 11 минут по местному времени или 19 часов 11 минут по мировому времени). Гавайских островов волны достигли спустя 15 часов, а Японии — через 22 часа. Эпицентры сильных предшествовавших и последующих толчков распределились в зоне протяженностью почти 1500 км!

Эпицентры: 1 — главного землетрясения (22 мая 1960, 19 часов 11 минут); 2 — предшествовавшего и последующих землетрясений; 3 — цунами, возникшие через 23 часа после главного землетрясения.

океане, однако, например, Лисабонское землетрясение 1755 г. также сопровождалось сейсмической волной, которая унесла больше всего человеческих жизней. Тихоокеанские цунами движутся со скоростью до 300 м/с (то есть почти 1000 км/ч), период их колебаний 1 час и соответственно огромна длина волн (сотни километров). В открытом море они едва заметны и представляют опасность только на побережье.

Во время Чилийского землетрясения цунами обрушились не только на чилийское побережье (у устья реки Рио-Вальдивия высота волны достигла 10 м!), но и на Гавайские острова и Японию. Гавайских островов цунами, по расчетам, должны были достичь через 15 часов (расчет оказался точным), то есть волны не были неожиданностью, и все же в Хиле на Гавайи погибли 61 человек. Люди просто не приняли всерьез предупреждение, переданное за несколько часов до катастрофы по радио, и сигналы тревоги. В Японии из-за ее значительной удаленности (16 тыс. км) сейсмологи серьезной опасности не предполагали; но докатившаяся туда через 22—23 часа сейсмическая волна высотой местами 6 м затопила почти 20 тыс. жилых домов, погибло 119 человек (рис. 22.10).

Несколько слов о чилийских вулканах

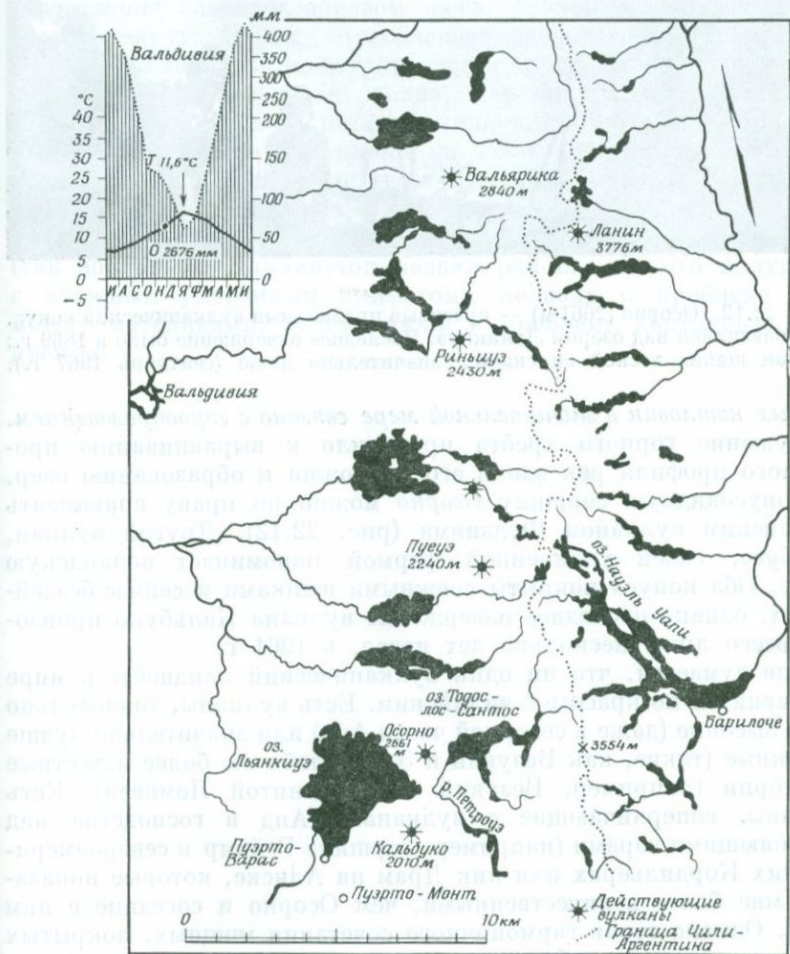
Интересна связь извержения вулкана *Пуеуэ* (2240 м), расположенного юго-восточнее Вальдивии, с землетрясениями. Еще Дарвин описал извержения вулканов, которые произошли во время Чилийского землетрясения 1835 г. Однако вообще такого рода взаимосвязи редки; так, разрушительное Мессинское землетрясение 1908 г. не оказало никакого влияния на Этну и другие вулканы Южной Италии.

Упомянув о Пуеуэ, нельзя не сказать несколько слов о других огнедышащих горах Чили. Только между Сантьяго и районом к востоку от острова Чилоэ расположено 18 вулканов, действовавших в историческое время; они образуют цепь, вытянутую параллельно Андам. Это господствующее меридиональное простираение и определяет в конечном счете все те движения на большой глубине, которые вызывают землетрясения.

Общее представление о чилийских вулканах получаешь, выглянув из иллюминатора самолета, совершающего рейс Сантьяго — Вальдивия. Слева, на востоке, протягивается величественная цепь Анд, высота которой в южном направлении, правда, несколько уменьшается. Чилийская продольная долина обрывает Анды на востоке. По крайней мере издалека цепь Анд нередко имеет относительно ровный продольный профиль с внешне возникающими то здесь, то там отдельными крутыми вершинами. Местами очень резко выраженная конусовидная форма этих гор наводит на мысль об их вулканическом происхождении. Непосредственным доказательством того, что это действительно

вулканы, служат заметные даже издалека облака пара над одним из этих конусов — *Вальярикой*.

Чилийские вулканы не только красивые, но и необычайно красочные горы, снеговые шапки которых эффектно выделяются на фоне голубого неба; своей особой прелестью их ландшафт обязан сочетанию высоких гор с удивительно живописными озерами. Как и в Альпах, озера лежат в долинах, некогда занятых ледниками, но расположены они по обеим сторонам Анд на редкость симметрично — такой картины не встретишь, вероятно, ни в каких других горах (рис. 22.11). В Андах чаще, чем в Альпах, задумываешься над предположением А. Гейма, что *возникновение*



Р и с. 22.11. Анды восточнее Вальдивии с действующими вулканами и озерами, расположенными симметрично по обеим сторонам хребта в выпаханых ледниками долинах. Продольное расположение озер свидетельствует об их частично тектоническом происхождении!



Р и с. 22.12. Осорно (2661 м) — красивый правильный вулканический конус, возвышающийся над озером Льянкиуэ. Последнее извержение было в 1869 г.; снеговая шапка весной опускается значительно ниже (сентябрь 1967 г.).

озерных котловин в значительной мере связано с горообразованием. Погружение горного хребта приводило к выравниванию продольного профиля рек вдоль его подножия и образованию озер.

Конусовидную вершину *Осорно* можно по праву сравнивать с японским вулканом Фудзияма (рис. 22.12). Другой вулкан, *Кальбуко*, своей удлиненной формой напоминает исландскую Геклу. Оба конуса покрыты снежными шапками и сейчас бездействуют, однако последнее извержение вулкана *Кальбуко* произошло всего лишь несколько лет назад, в 1961 г.

Мне думается, что ни один вулканический ландшафт в мире не сравнится по красоте с чилийским. Есть вулканы, значительно более высокие (даже в северной части Анд) или значительно лучше изученные (такие, как Везувий и Этна), либо же более известные в истории (например, Везувий со знаменитой Помпеей). Есть вулканы, соперничающие с вулканами Анд в господстве над окружающими горами (например, вершина Рейнир в североамериканских Кордильерах или пик Драм на Аляске, которые показались мне более величественными, чем Осорно и соседние с ним горы). Однако столь гармоничного сочетания мощных, покрытых снегом конусов с голубыми высокогорными озерами в обрамлении зеленых девственных лесов, вероятно, больше нигде не встретишь.

Автобус, курсирующий между Пуэрто-Варасом и Петроуэ, специально для туристов (часто направляющихся дальше к живо-

ИЗВЕСТНЫЕ ВУЛКАНЫ

Вулканы — единственные места на земле, где можно наблюдать созданные природой расплавы горных пород с температурой 900—1200°; глубинная магма изливается здесь на поверхность в виде лавы. Кроме лавы, вулканы обычно выбрасывают и рыхлый материал, осаждающийся в виде вулканического туфа. Некоторые туфы в результате воздействия высоких температур оказываются совершенно спекшимися (например — игнимбриты Новой Зеландии³⁰). Из рассматриваемых здесь вулканов гавайские являются чисто лавовыми и имеют полого-щитовидную форму; напротив, вулкан Монте-Нуово или шлаковые конусы вулканов Оверни частично состоят из одного туфа. Однако обычно в строении вулканов участвуют как лава, так и туфы (стратовулканы); примерами такого рода могут служить стройные конусовидные вулканические сооружения Осорно в Чили^{22в}, собственно Везувий, Руапеху и другие в Новой Зеландии³⁰. Вершинная часть больших вулканов иногда проваливается — образуется широкая котловидная «кальдера», в которой затем вырастает новый вулканический конус (например, Сомма в кальдере Везувия, Каньядас в кальдере вулкана Тейде). Иногда над одной трещиной одновременно образуется целый ряд вулканических конусов, как, например, при извержении вулкана Лаки (Исландия) в 1783 г. По составу лавы бывают либо богатые кремнезёмом (SiO_2), тогда они светлые и вязкотекучие — риолиты, трахиты, фонолиты (например, лавы Тейде на острове Тенерифе и горы Пюи-де-Дом), либо бедные SiO_2 , тогда они темные и текучие — базальты (например, лавы вулканов Лаки, Килауэа, многих вулканов Оверни и Эйфеля).

Большинство вулканов действуют не постоянно; Везувий, Килауэа, вулканы острова Тенерифе, Осорно и другие большей частью спокойны и выбрасывают только горячие пары (фумаролы, сольфатары). Другие вулканы следует считать действительно потухшими (вулканы Оверни, Эйфеля), хотя новое извержение в этих районах не удивило бы (и обрадовало) геологов. Потухшие вулканы подвергаются денудации, причем нередко сохраняется только устойчивое жерло вулкана (Башня дьявола²); в конце концов остается ровная, сложенная лавой поверхность («Мостовая гигантов»).

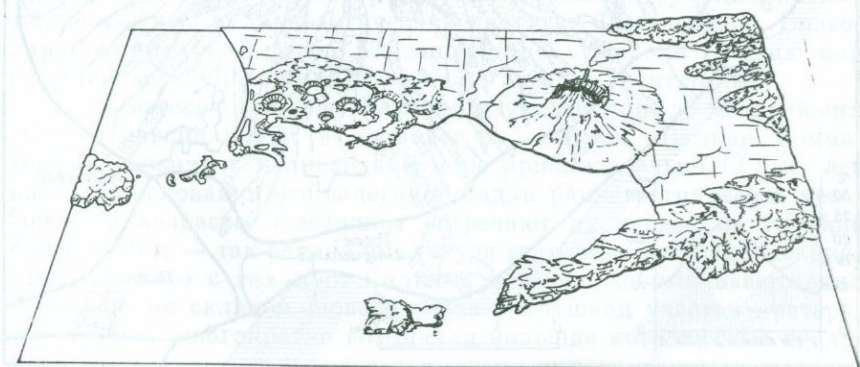
23. Везувий и Флегрейские Поля (Италия)

Везувий, так же как Этна, Вулькано, Стромболи и другие менее крупные вулканы Италии, принадлежит к числу огнедышащих гор, действовавших в историческое время, однако Везувий занимает среди них несомненно главенствующее место. Это — *наиболее посещаемый и лучше всего исследованный вулкан на земле*. Многие геологи и негеологи, начиная со Страбона и Плиния (I в.н.э.),

поднимались на вершину Везувия или по крайней мере описали его и расположенные к северу от Неаполя Флегрейские Поля. Моцарт 5 июня 1770 г. писал сестре: «Cara sorella mia! Везувий сегодня курится особенно сильно». В марте 1787 г. на Везувий трижды совершил восхождение Гёте (не то что вечно спешащие куда-то нынешние туристы, и притом с несравнимо бoльшими трудностями). Уже в 1880 г. к вершине вулкана была подведена первая подвесная канатная дорога, а в 1907 г. — зубчатая железная дорога. Сейчас к вершине вас доставит кресельный канатный подъемник или комфортабельный автобус.

Везувий — самая впечатляющая достопримечательность Неаполитанского залива (рис. 23.1). Неповторимую прелесть ландшафта и создает это сочетание моря и вулкана. Перед Апеннинскими, сложенными преимущественно известняками и глинами, раскинулась обширная береговая равнина Кампаньи, над которой гордо возвышается усеченный конус с крутыми симметричными склонами, падающими под углом 30° . Высота конуса 1281 м, однако она постоянно изменяется, как у многих других действующих вулканов (при извержении лавы и туфов высота вулканов обычно увеличивается, но при очень сильных извержениях вулканы часто разрушаются). На карте (рис. 23.2) показаны некоторые из многочисленных лавовых потоков.

Уже издали видно, что профиль вулкана отнюдь не правильный конус. Этот горный массив состоит из *двух насаженных одна на другую построек* (рис. 23.3). От более древнего («доисторического») вулкана сохранилась, правда, только полукруглая глыба, увенчанная валом Соммы (Пунта-дель-Насоне, 1132 м); все остальное было разрушено главным образом во время мощного извержения, происшедшего в 79 г. н. э. В возникшем при этом огромном котле (кальдере) в последующие столетия в результате отложения чередующихся слоев лавы и пепла сформировался современный



Р и с. 23.1. Блок-диаграмма Неаполитанского залива.

конус собственно Везувия. Этот стратовулкан возвышается над древним вулканом Сомма. Между ними располагается глубокая серповидная впадина; долина, ведущая на запад, называется Атри-дель-Кавалло, а долина, ведущая на юго-восток, — Валле-дель-Инферно. Аналогично построенные вулканы называют вулканами «типа Соммы». На вершине вулкана — глубокий круглый *кратер* глубиной 200—300 и диаметром 400—600 м. Начиная с 1900 г. извержения происходят в основном из вершинного кратера. Иногда, однако, лавовые потоки прорываются из трещин на склонах вулкана. На месте одного такого извержения в 1891—1894 гг. образовался купол Колле-Маргерита, а в 1895—1899 гг. —

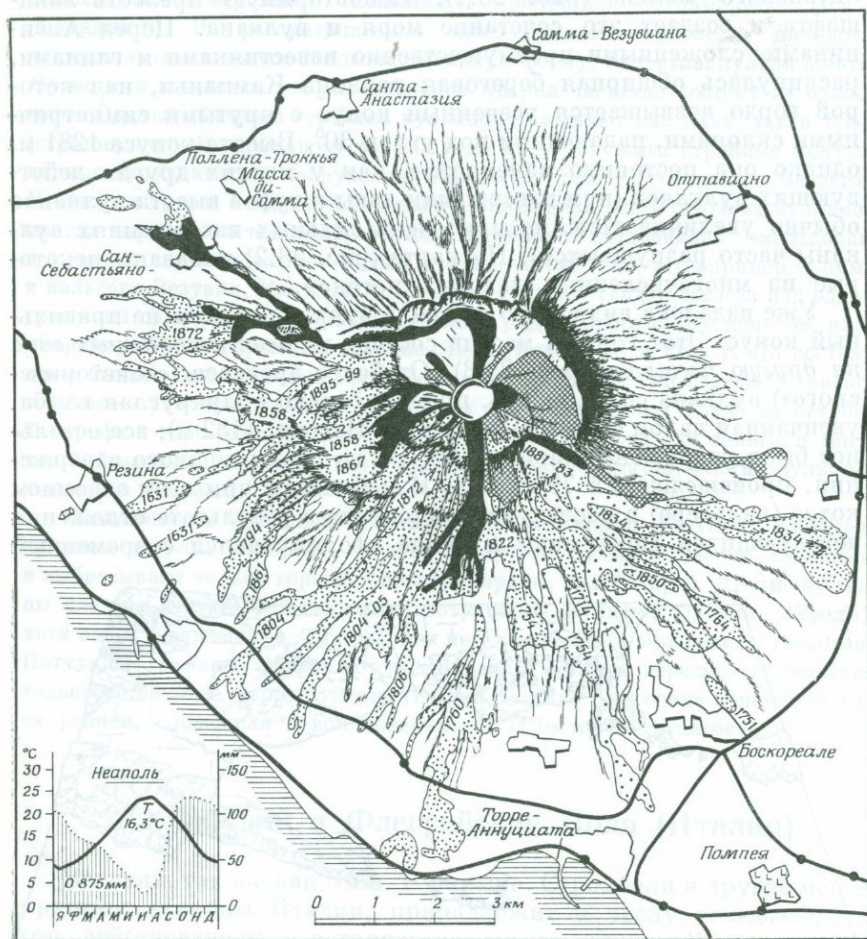
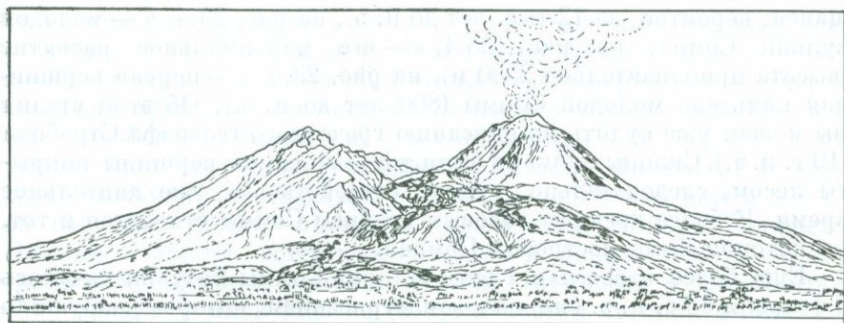


Рис. 23.2. Карта Везувия с крупнейшими лавовыми потоками и климатодиаграммой для Неаполя.



Р и с. 23.3. Везувий и Сомма (слева) с лавовыми потоками 1872 г., вид из Неаполя (рисунок швейцарского геолога А. Гейма, 3 мая 1872 г.).

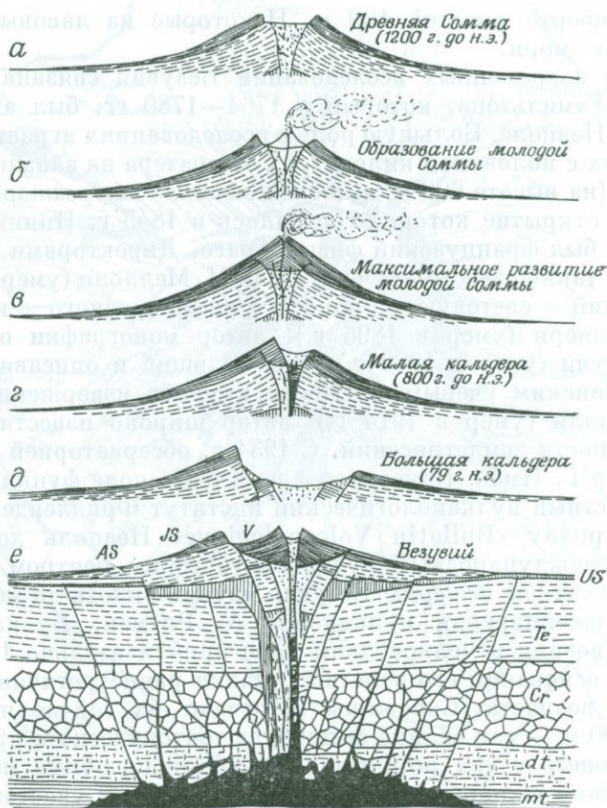
Колле-Умберто высотой 160 м. Некоторые из лавовых потоков достигают моря.

Эпоха современных исследований Везувия связана с именем сэра У. Гамильтона, который в 1764—1780 гг. был английским послом в Неаполе. Большую роль в исследованиях играет построенная в двух с половиной километрах от кратера на западном склоне вулкана (на высоте 608 м) *вулканологическая обсерватория*, торжественное открытие которой состоялось в 1845 г. Инициатором ее создания был французский физик Араго. Директорами обсерватории были такие известные ученые, как М. Меллони (умер в 1896 г.), доказавший световую природу инфракрасного излучения; Л. Пальмиери (умер в 1896 г.), автор монографии о Везувии; Р. Маттеучи (умер в 1909 г.), наблюдавший и описавший вместе с американским ученым Ф. Перре крупное извержение 1909 г.; Г. Меркалли (умер в 1914 г.), автор широко известной шкалы интенсивности землетрясений. С 1934 г. обсерваторией руководит профессор Г. Имбо. Некоторое время в Неаполе функционировал также частный вулканологический институт Фридлендера. Благодаря журналу «Bulletin Volcanologique» Неаполь до сих пор остается международным вулканологическим центром.

Геологическую историю Везувия изучил вплоть до мельчайших деталей швейцарский вулканолог А. Ритман. Вулкан Сомма-Везувий возник в мелководном море приблизительно 12 тыс. лет назад. В основании его залегают осадки раннетретичного и мезозойского возраста. Скважины встречают их сейчас на глубине более 1000 м — так велика амплитуда тектонического прогибания, происшедшего с тех пор. Сильные взрывоподобные извержения и обрушения склонов снова и снова разрушали участок кратера, так что там многократно возникали большие котловидные впадины — «вершинные кальдеры», в которых вырастали новые конусы; таким образом, упоминавшийся выше «тип Соммы» формировался уже на ранних стадиях развития вулкана. На рис. 23.4, а изображена вершинная кальдера древнего вулкана Сомма, образовав-

шаяся, вероятно, за 12 тыс. лет до н. э., на рис. 23.4, б — молодой вулкан Сомма, на рис. 23.4, в — его максимальное развитие (высота приблизительно 2500 м), на рис. 23.4, г — первая вершинная кальдера молодой Соммы (800 лет до н. э.). Об этой стадии мы можем уже судить по описанию греческого географа Страбона (19 г. н. э.). Склоны вулкана были тогда до самой вершины покрыты лесом, следовательно, вулкан бездействовал уже длительное время. К более древним лавовым потокам Соммы относится и тот, на котором была построена Помпея.

Еще более известная глава истории Соммы-Везувия началась 5 февраля 63 г. н. э. сильным землетрясением, которое разрушило много домов, прежде всего в Помпее. Альфано и Фридлиндеру удалось реконструировать его изосейсты (то есть линии равной

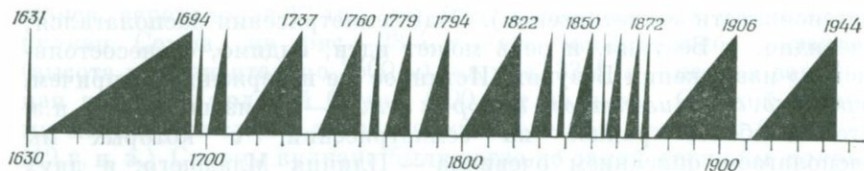


Р и с. 23.4. Развитие Везувия за последние 2200 лет.

На разрезе показан неглубокий (4—5 км) магматический очаг. Известняковые отложения триаса захвачены и поглощены магмой, *mt* — триасовые мергели; *dt* — триасовые доломиты, *Cr* — триасовые известняки; *Te* — кайнозойские песчаники, мергели, сланцы, *US* — пра-Сомма, *AS* — древняя Сомма, *JS* — молодая Сомма, *V* — Везувий.

интенсивности землетрясения). Очаг землетрясения располагался, очевидно, у Везувия, и речь может идти, видимо, о «несостоявшемся» извержении Везувия. Истинное же извержение — причем, вероятно, самое известное в истории Земли — произошло в 79 г. н.э. Это наиболее раннее из землетрясений, о которых мы располагаем описанием очевидца — Плиния Младшего; в двух своих письмах, написанных, правда, только в 106 или в 107 г., он сообщает Тациту о смерти своего дяди Плиния Старшего. Плиний Старший, естествоиспытатель и политик, в 79 г. был главнокомандующим римским флотом, стоявшим в Неаполитанском заливе у мыса Мизено (вторым местом стоянки флота служила Равенна — тогда еще гавань!). Когда над Везувием появилось огромное облако дыма (Плиний Младший первым сравнил его с пинией — итальянской сосной), Плиний Старший направился на весельной лодке к месту катастрофы в Стабию. Уже в пути лодка попала под непрекращающийся дождь раскаленного пемзового пепла. В Стабии бесстрашный ученый погиб от удушья. В результате этого извержения, носившего почти взрывной характер, образовалась кальдера, часть которой сохранилась до настоящего времени (рис. 23.4, *д*); огромная сила извержения объясняется тем, что ему предшествовал длительный период покоя; поэтому извержение вполне можно считать «начальным» (подводящий канал был полностью забит затвердевшей лавой).

После разрушения «пробки» и части конуса вулкан выбросил огромное количество обломков белой, а затем темной пемзы и, наконец, темных шлаков. (Пемза — это пористая, очень легкая лава.) Такие выпадавшие из воздуха кусочки шлаковой и пористой лавы (лапилли) и прочие вулканические продукты носят название «вулканических туфов». Из них состояли облака пепла, который закрыл на два дня все небо и полностью засыпал Помпею и другие города, местами многометровым слоем. Из 20 тыс. жителей Помпеи погибли более 2 тыс. Трупы погибших с течением времени полностью разложились, остались только полости в затвердевшем пемзовом туфе, сохранившие форму человеческого тела в том положении, в каком погибший был засыпан пеплом. Гипсовые слепки полостей позволяют получать в высшей степени «живые», если можно так сказать, отображения умерших. Вообще раскопки в Помпее и соседнем Геркулануме позволили узнать много интересного о жизни того времени. Помпею вновь открыли только в середине XVIII в., а Геркуланум — несколькими десятилетиями раньше. К тому времени над ним уже выросли новые города — Орте-Портичи и Резина. Геркуланум был погребен не под пеплом, а под грязевыми потоками; как это часто бывает при сильных извержениях, в 79 г. шли проливные дожди, дождевая вода смешалась с пеплом, образовав вязкий ил, который позже так затвердел, что его ошибочно принимали за лаву. Поэтому археологи при раскопках Геркуланума столкнулись с некоторыми трудностями; вместе с тем многие предметы (например, из дерева



Р и с. [23.5. Периодичность извержений Везувия с 1631 г.

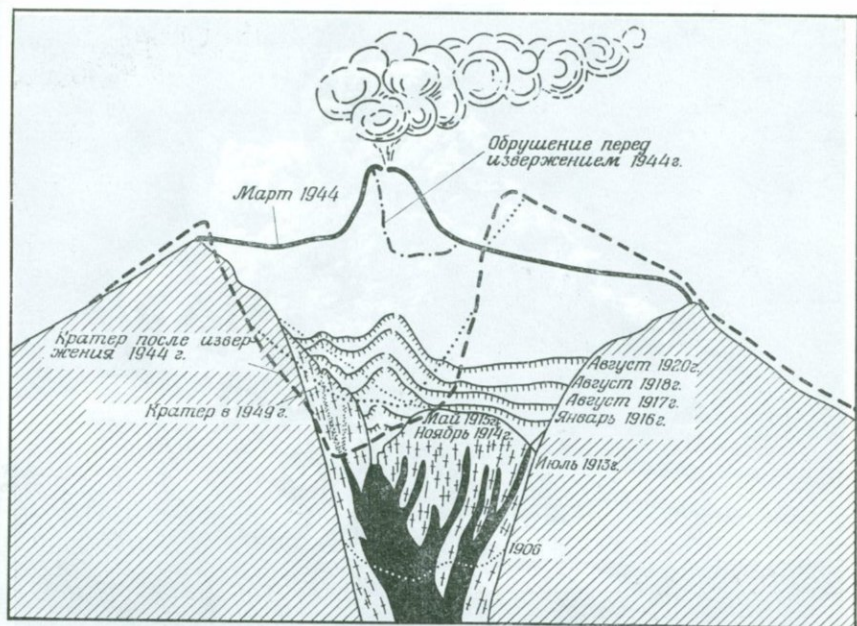
За исключением извержения 1631 г., извержения начинались, как правило, постепенно, но заканчивались нередко мощным взрывом (например, в 1906 и 1944 гг.).

и бумаги) сохранились значительно лучше, чем под водопроницаемыми пемзовыми туфами Помпеи.

Состав лав вулкана Сомма-Везувий с течением времени постепенно изменялся. Вулкан пра-Сомма извергал трахит с большим количеством санидина (санидин — минерал из группы полевых шпатов); из Везувия начиная с 79 г., напротив, изливалась лава, богатая лейцитом (минерал из группы калиевых полевых шпатов). Причину этого изменения Ритман усматривает в том, что магматический очаг, питавший извержения, захватывал все большие и большие количества «боковой породы», в результате чего началось образование новых минералов. Неожиданно удалось также установить именно благодаря этому новообразованию минералов, что *магматический очаг располагается только в 4—5 км ниже уровня земной поверхности*, следовательно, в пределах земной коры, более того, в приповерхностной зоне развития мезозойских известковых и доломитовых отложений (рис. 23.4, е).

Помимо этого медленного преобразования лавы, в течение последних 12 тыс. лет происходили и небольшие частные изменения ее состава, если перерывы между извержениями исчислялись столетиями (как, например, перед извержениями 79 и 1631 гг.). В таких случаях в магматическом очаге осуществляется своего рода «сортировка» — тяжелые минералы опускаются вниз (гравитационная дифференциация), и если потом начинается взрывное извержение, то из глубин поступают лавы различного состава (например, в 79 г.: сначала светлая, а затем темная пемза). Аналогично изменяется и состав магмы вулкана Гекла, Исландия.

Выше уже упоминалось о крупном извержении *16 декабря 1631 г.*, во время которого Неаполь был засыпан 30-сантиметровым слоем пепла; 7 лавовых потоков затопили улицы городов Боскотрекасе, Торре-Аннуциато, Торре-дель-Греко, Пульяно и Резины. Погибло 4 тыс. человек. С этого времени деятельность Везувия приобрела определенную *ритмичность* (рис. 23.5). Периоды извержений сменялись периодами покоя, в течение которых о вулканических силах напоминали только выбросы горячего пара (фумаролы). Продолжительность периодов извержения составляла от шести месяцев до нескольких десятков лет, а периодов покоя — от 2—4 до 7 лет (если не считать нынешней, значительно



Р и с. 23.6. Развитие кратера Везувия в 1906 — 1944 гг. В 1906 г. кратер очень глубокий, в последующие годы он все больше заполняется лавой; обрушение и заключительная взрывная фаза в 1944 г. с образованием нового глубокого (300 м) кратера; ныне, вследствие осыпания стенок, глубина кратера составляет всего 2—300 м.

более длительной паузы, продолжающейся с 1944 г.). Большинство извержений начиналось не очень бурно, в глубине кратера; постепенно кратер полностью заполнялся лавой, и лавовая платформа — с вулканическим конусом (боккой) в центре — поднималась все выше; наконец, под влиянием все увеличивающейся нагрузки происходит обрушение кратера, изливается лава и совершается бурное, взрывное извержение материала. Этой зачастую грандиозной конечной фазой и завершается период извержения; В результате возникает глубокий кратер (рис. 23.6).

Примерами таких заключительных фаз могут служить извержения 1906 и 1944 гг. В 1906 г. лавовые потоки достигли города Боскотрекасе; 8 апреля выбросами пепла была разрушена церковь Св. Джузеппе в Оттаино, в результате чего погибло 105 человек и, наконец, вулкан при непрерывающихся электрических разрядах начал выбрасывать гигантские клубы пара. Как из огромного парового котла, из кратера в течение 18 часов с оглушающим шипением (Перре сравнил его с грохотом Ниагарского водопада!) бил прямой столб пара высотой 13 км; по оценкам, количество пара соответствовало приблизительно 1 км³ воды!

Впечатления о последнем, весьма бурном извержении в марте

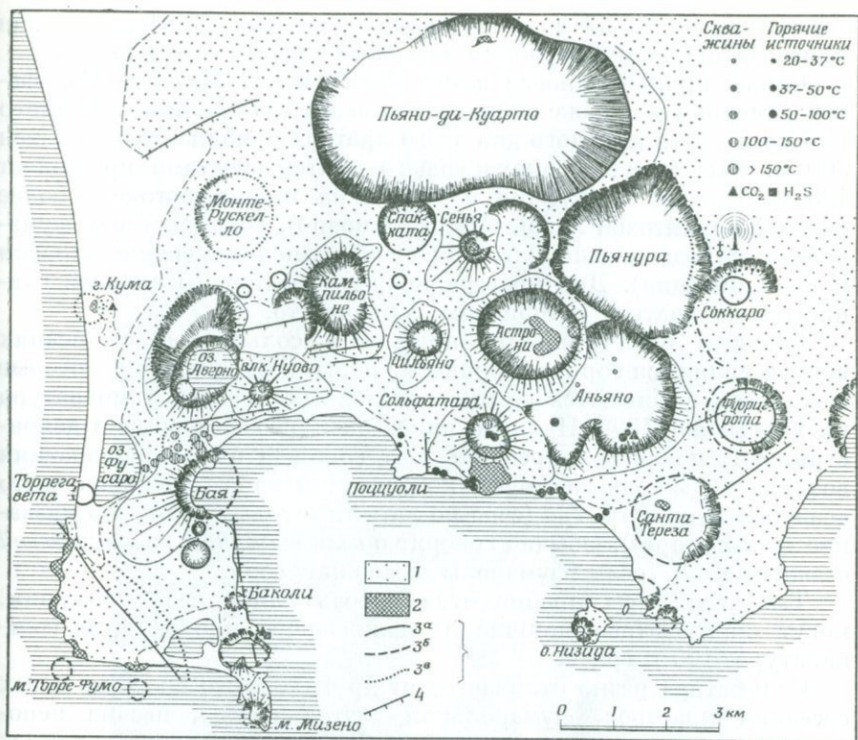


Р и с. 23.7. Последнее извержение Везувия в марте 1944 г.

1944 г. (рис. 23.7) отступили на задний план перед военными событиями — американцы уже вступили в Неаполь. Лавовый поток разрушил тогда городок Сан-Себастьяно

Флегрейские Поля

Помимо Искьи и Капри, наиболее известным геологическим объектом в окрестностях Неаполя являются *Флегрейские Поля* (рис. 23.8); их центр — Поццуоли, типичный южноитальянский портовый городок. Ландшафт их часто сравнивают с лунным, однако «по-лунному» Флегрейские Поля с их десятками низких усеченных вулканических конусов выглядят только на стилизованной рельефной карте. В отличие от большого стратовулкана



Р и с. 23.8. Флегрейские Поля. На карте показаны горячие источники и скважины, из которых поступает пар.
 1 — туфы; 2 — лавы; 3 — периоды извержений: а — поздние, б — средние, в — древние; 4 — сбросы.

Везувия вулканические силы распылились здесь по множеству кратковременно действовавших центров извержения (некогда здесь также существовал один большой туфовый вулкан «пра-Флегрей», последним остатком которого является возвышенность Камальдоли). Туфы Флегрейских Полей используются как ценный строительный материал и отличный цемент («пуццолан»).

Название «Флегрейские Поля» («горячие поля») связано с вулканическим характером местности, который древним жителям был известен, видимо, только благодаря деятельности сольфатары, ибо единственное за историческое время извержение вулкана произошло лишь в 1538 г., когда 29—30 сентября на равнинной местности вырос плоский шлаковый конус *Монте Нуово* («новая гора») высотой 140 м и диаметром 1 км. *Это самый молодой вулкан европейского континента.* Кроме того, это вообще был первый случай, когда удалось наблюдать возникновение совершенно нового вулкана (позже было прослежено рождение вулканов Парикутин в Мексике в 1943 г. и Суртсей в Исландии в 1963 г.).

Уже 6 октября 1538 г. извержение прекратилось. Ныне вулкан Монте-Нуово с его глубоким кратером порос густым лесом.

Самый примечательный пункт Флегрейских Полей — Сольфатара; теперь здесь даже оборудовано место для кемпинга. Диаметр плоского почти круглого дна этого кратера приблизительно равен 300 м. Высота вала, окружающего кратер, местами превышает 100 м; сложен он туфами и только на северо-востоке — более древней трахитовой лавой (Монте-Олибано). Под действием фумарол эти породы неоднократно видоизменялись (изменение окраски и каолинизация). Дно кратера покрыто смытым со склонов глинистым беловатым материалом — бьянчетто.

Главным отличительным признаком сольфатары с древних времен являются горячие сернистые пары, или *фумаролы*, которые со свистом выбиваются из многочисленных трещин. Температура их превышает 150°. Наличие паров экскурсоводы обычно демонстрируют, поднося к трещине лист горящей бумаги; ионизация воздуха и дым способствуют конденсации пара. Из паров часто осаждается желтая *сера* (сера по-латыни «сульфур», отсюда название «сольфатара»). Обычно говорят о *сольфатарной вулканической деятельности*, если фумаролы содержат серу.

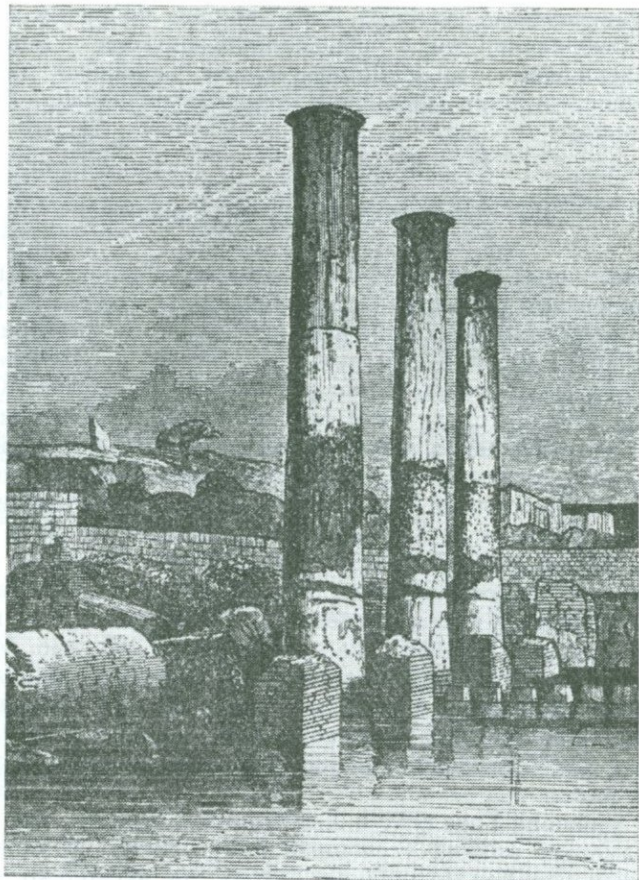
Там, где пары пробиваются сквозь глинистые отложения, могут образоваться источники, изливающие клокочущую (температура 100°) грязь.

Сольфатара резко отличается от других, часто более молодых соседних кратеров, фумарольной деятельностью, весьма непостоянной, однако не связанной с фумарольной деятельностью Везувия.

Напротив, вскипание грязи, видимо, связано с землетрясениями. Так, при землетрясении 23 июля 1930 г. сольфатара выбрасывала сгустки грязи размером 25—30 см на высоту 25—30 м; шум клокочущей грязи был слышен за 3 км. Время от времени в сольфатаре добывали серу и квасцы. В последнее время изучалась возможность использования вулканического тепла. Температура в глубоких скважинах (1800 м), пробуренных в вулканических образованиях, превышает 270°.

Храм Сераписа в Поццуоли

К классическим геологическим памятникам этого района относится и одно архитектурное сооружение — «храм Сераписа» в Поццуоли (в действительности, вероятно, просто павильон). Поверхность сохранившихся трех колонн на высоту 5,7 м над уровнем моря испещрена *отверстиями, высверленными морскими камнеточцами* (*Lithodomus dactylus*), что служит доказательством опускания района в прошлом ниже уровня моря и его последующего поднятия (рис. 23.9). Поднятие связывали с извержением расположенного поблизости вулкана Монте-Нуово. Такого рода связь с движениями магмы в неглубоко залегающем магматиче-



Р и с. 23.9. Храм Сераписа в Поццуоли с тремя колоннами, изъеденными
камнеточцами.

ском очаге во всяком случае легко себе представить. Однако прежде это представление казалось совершенно невероятным. Так, Гёте выдвинул следующую гипотезу, пояснив ее иллюстрациями: «Храм был разрушен во время вулканического извержения, поскольку во Флегрейских Полях множество вулканов, из которых «Новая гора» (Монте-Нуово) находится всего в полутора, а горящая сольфатара — в получасе ходьбы от этого храма. Вокруг колонн образовался пруд, в котором и появились моллюски — фолადы, высверлившие отверстия в греческом ципполиновом мраморе».

На возражение, что фолადы известны только в море, Гёте ответил, что, значит, они *должны* встречаться и в пресной воде, и в водах, засоленных вулканическим пеплом.

Для современных геологов тектонические поднятия и опускания, как небольшие, так и гигантских масштабов, — факт, совершенно очевидный. Три колонны «храма Сераписа» давно считаются действительно *классическим доказательством колебания уровня суши.*

24. Килауэа (остров Гавайи)

Гавайи — самый крупный из Гавайских (прежде называвшихся Сандвичевыми) островов. Эти острова расположены на 20° с. ш. совершенно изолированно, посредине Тихого океана (рис. 24.1), в 4 тыс. км от ближайшего крупного города — Сан-Франциско; открыты они были только 18 января 1778 г. Дж. Куком. С 1954 г. Гавайские острова стали 49-м штатом США. В многочисленных местных географических наименованиях (как и в Новой Зеландии) нашли отражение полинезийские имена, зачастую весьма длинные, но мелодичные, характеризующиеся повторением слогов (например, Гонолулу, Халемаумау, Нонопапа и др.).

С Сан-Франциско, Лос-Анджелесом, Токио, Манилой и островами Фиджи Гавайские острова связаны воздушными линиями — самолеты вылетают почти ежедневно. На острове Оаху, в близости от столицы *Гонолулу*, насчитывающей 250 тыс. жителей, расположен международный аэропорт. В Гонолулу заходят также и большие океанские пароходы. Военный порт Пирл-Харбор стал известен всему миру после того, как 7 декабря 1941 г. японцы совершили неожиданное нападение на базировавшийся там американский флот.

Если лететь из Гонолулу в *Хило* (остров Гавайи), еще на Оаху можно заметить низкий усеченный конус давно потухшего вулкана Дайемондс-Хед (Алмазная голова), а несколько позже — совсем молодые вулканы острова Мауи (в национальном парке Халеакала) — единственные действующие вулканы на всем архипелаге, если не считать вулканов Гавайи. Чем ближе к этому острову, тем более приковывают к себе взгляд пять больших вулканов, по виду отнюдь не напоминающие огнедышащие горы. Два из них — плоские щиты высотой более 4 км — это Мауна-Кеа (4214 м; во время последнего оледенения на нем еще был небольшой ледник!) и Мауна-Лоа (4168 м). «Мауна» на местном диалекте — гора.

Гавайские острова — 8 больших и один маленький — расположены на вытянутом в северо-западном направлении подводном тихоокеанском хребте длиной 3 тыс. км (рис. 24.2). Глубина окружающего океана 5 тыс. м. Следовательно, высота горных вершин Гавайи в действительности почти 10 тыс. м; таким образом, *Мауна-Кеа* и *Мауна-Лоа* — *самые высокие горы на земле* (рис. 24.3). Чрезвычайно показателен поперечный разрез Мауна-Лоа в сопоставлении с разрезами Везувия и Этны (рис. 24.3).

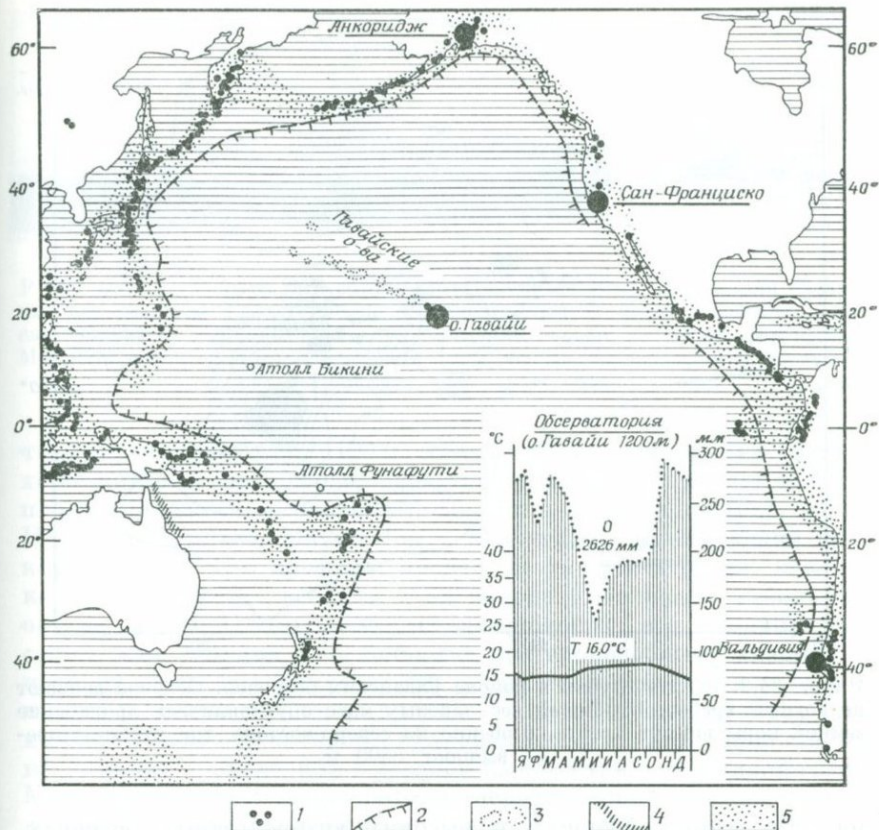
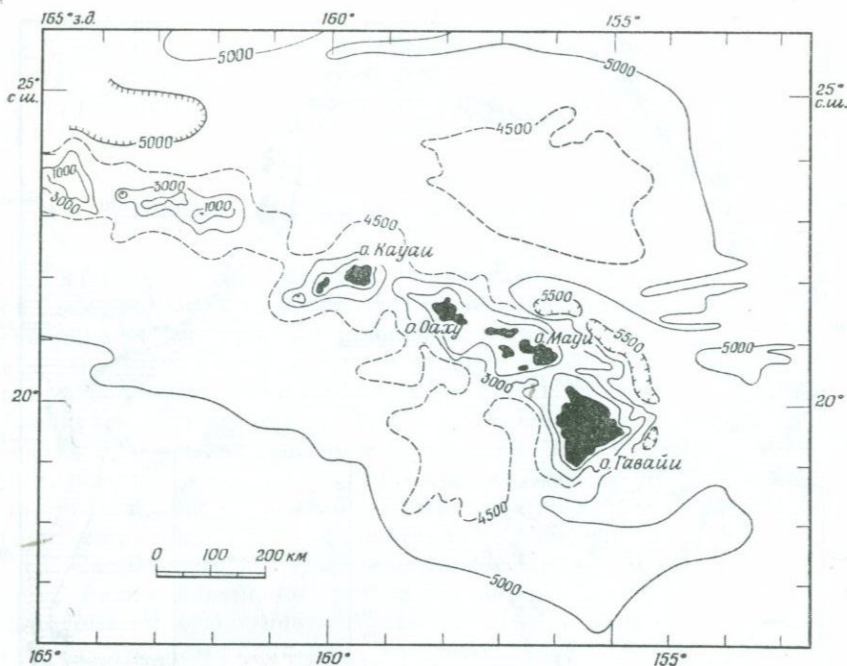


Рис. 24.1. Действующие вулканы и очаги крупнейших землетрясений в области Тихого океана. Ныне они располагаются почти исключительно у краин материков, как правило, вне «андезитовой линии». Эта линия отделяет вулканы с весьма различными, частично андезитовыми лавами от чисто базальтовых вулканов (остров Гавайи), то есть она разделяет «континентальные» и чисто «океанические» области. Многочисленные погружившиеся горы — гайоты (на карте не показаны), местами увенчанные коралловыми рифами (атоллы), свидетельствуют, видимо, о том, что некогда вулканические извержения происходили и в пределах акватории Тихого океана. Приведена климатодиаграмма для острова Гавайи.

1 — действующие вулканы; 2 — андезитовая линия; 3 — изобата 2000 м у Гавайских островов; 4 — Большой Барьерный риф; 5 — пояс крупнейших землетрясений с глубиной очагов менее 70 км.

Понятно, что такие огромные массы лавы могут вызвать прогибание земной коры.

Гавайские острова — огромные вулканические сооружения, формирование которых началось в позднегерциническое время на дне океана. Постепенно они достигли водной поверхности и, наконец, значительно поднялись над ней, несмотря на разрушающую работу волн. Долше всего вулканическая деятельность продолжалась



Р и с. 24.2. Карта глубин в районе Гавайских островов. Острова венчают подводный хребт. Огромный вес лавовых масс обуславливает прогибание земной коры вокруг хребта, особенно на северо-востоке, где глубины превышают 5500 м.

на двух самых больших и высоких юго-восточных островах. В «постройке» островов, несомненно, принимали участие и коралловые рифы, которые обрамляли острова, ограждая их от волн прибоя. Достаточно теплый климат способствовал росту рифообразующих кораллов. Средняя температура января в Гонолулу равна 21° , поэтому здесь хорошо растут кокосовые пальмы.

Щитовые вулканы — совершенно плоские огромные щиты, сложенные только покровами базальтовых лав; угол наклона их склонов достигает лишь нескольких градусов. Щитовых вулканов на земном шаре не так много; с аналогичными сооружениями, но значительно меньших размеров, мы встречаемся в Исландии. Их облик вначале разочаровывает, поскольку силуэт гор довольно скучный и однообразный. Глядя на Мауна-Лоа, трудно поверить,



Р и с. 24.3. Поперечный разрез вулкана Мауна-Лоа. Огромные размеры щитовых вулканов Гавайских островов особенно наглядны при сопоставлении с Этной и Везувием.



Р и с. 24.4. Однообразный силуэт Мауна-Лоа (4168 м). Справа для сравнения показан силуэт Маттерхорна (приблизительно в том же масштабе). Бросается в глаза различие этих двух примерно равных по высоте гор (форма Мауна-Лоа — результат накопления лавы, форма Маттерхорна с его зубчатой вершиной — результат сноса!).

что это вулкан высотой 4100 м, то есть почти такой же, как Маттерхорн, который своей гордой зубчатой вершиной составляет полную противоположность совершенно плоскому Мауна-Лоа (рис. 24.4). Но так или иначе, Мауна-Лоа — *крупнейший* действующий вулкан на земле. Его профиль, правда, не так уж и ровен, как это кажется с первого взгляда — на склоне выделяются небольшие острые зубцы. С юго-запада на северо-восток его вершину пересекает зона разлома с несколькими кратероподобными впадинами и рядом шлаковых конусов. Это следы многочисленных извержений из вершины и склонов вулкана — ведь Мауна-Лоа к тому же и один из *наиболее* активных вулканов земли (за последние сто лет извержения происходили в среднем каждые три с половиной года). Многочисленные лавовые потоки, нередко жидкотекучие, иногда достигали моря, например в 1950 г.; скорость их составляла в среднем 10 км в час (рис. 24.5).

Итак, одним вулканическим районом Гавайи является Мауна-Лоа, другим — расположенный на юго-восток от нее значительно меньший по размерам щитовой вулкан *Килауэа*. Собственно Килауэа представляет собой только паразитарное пологое (1246 м над уровнем моря) поднятие на обширном юго-восточном склоне Мауна-Лоа. Но поскольку деятельность этих двух вулканов протекает совершенно независимо, Килауэа все же считается самостоятельным вулканом.

Главным внешним отличительным признаком Килауэа является овальная вершинная впадина диаметром 4 км. Это *кальдера обрушения* со сравнительно ровным дном, покрытым молодой застывшей лавой. На крутом северном склоне вулкана расположена вулканологическая обсерватория. В большой кальдере находится второй, значительно меньших размеров почти круглый кратер диаметром 1000 м; это погруженный почти на 250 м знаменитый *кратер Халемаумау* (рис. 24.6—8). Халемаумау означает «дом огня»; по преданию, это дом богини Пеле. Кратер для вулканологов особенно интересен, ибо он в отличие от других вулканов

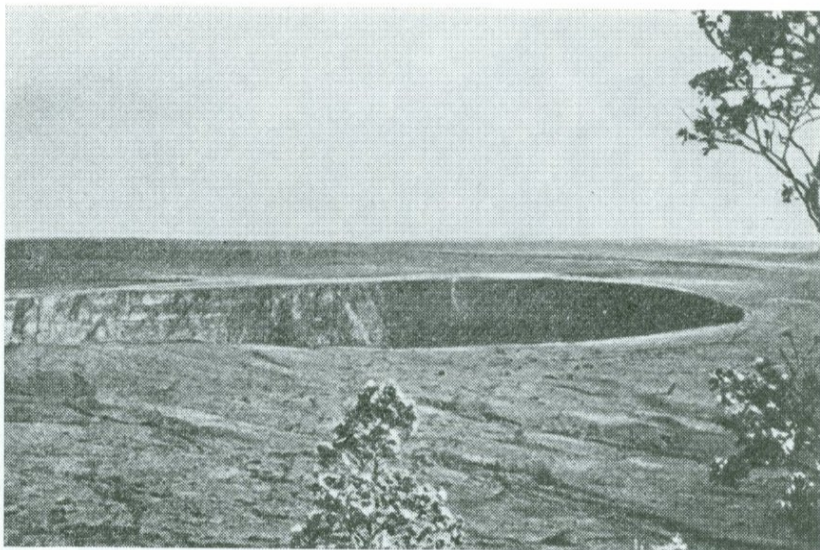


Р и с. 24.5. Карта острова Гавайи с крупнейшими лавовыми потоками.

в течение десятков лет (до 1924 г.) вмещал озеро раскаленной лавы. На поверхности озера временами, правда, образовывалась тонкая корка, которая вскоре прорывалась — выступала бурлящая лава. Из лавовых фонтанов, бивших вверх на 10 м, ветер разносил тончайшие стекловатые нити, скопления которых известны северо-западнее кратера. Называют их *волосами Пеле*.

Температура, измеренная на поверхности лавы, равна в среднем 1000° , а местами из-за сгорания вулканических газов она достигает 1350° . На глубине 13 м измерениями установлена температура 1175° .

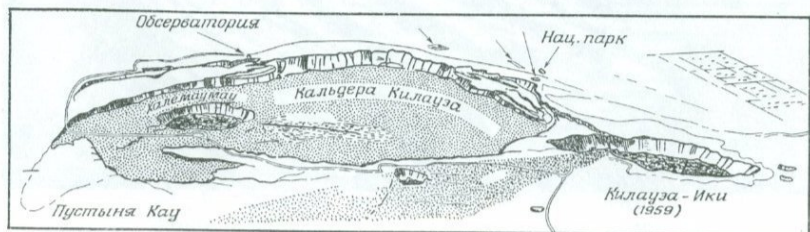
Огненное озеро располагалось, видимо, прямо над вертикальным трубообразным подводящим каналом вулкана Килауэа



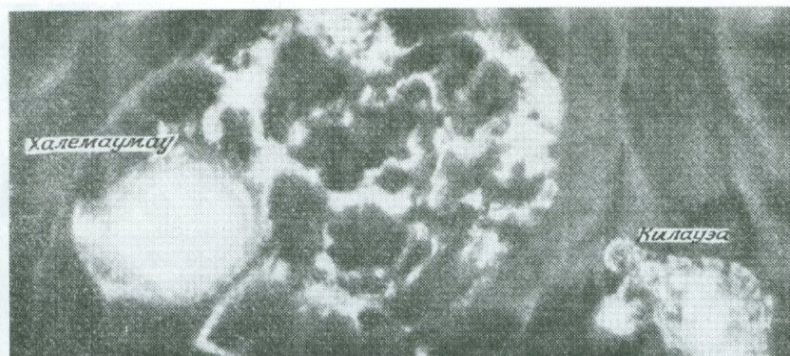
Р и с. 24.6. Вид на большую кальдеру с кратером Халемаумау.

(глубина магматического очага определяется в 50 км). Это огненное озеро прекратило свое существование в 1924 г; под конец зеркало его находилось только в 30 м ниже края. Халемаумау и затем быстро опустилось почти на 200 м. Вероятно, в подводящий канал внезапно прорвались грунтовые воды, ибо в середине мая 1924 г. произошли мощные выбросы пара. В конце мая лавового озера не стало. Кратер, заполненный застывшей лавой, тогда имел глубину 400 м, однако при последующих лавовых извержениях глубина его постепенно уменьшилась до 250 м.

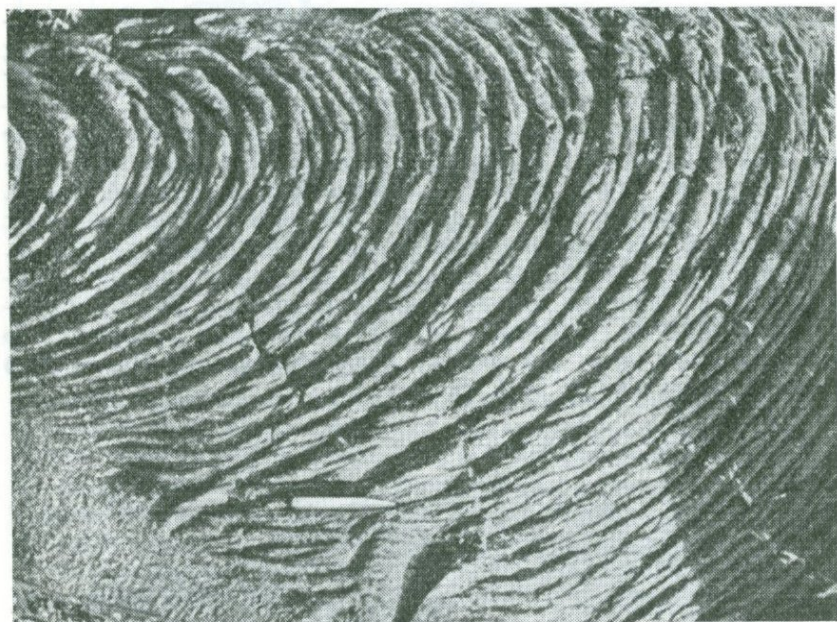
Лавы кальдеры обычно волнистые или канатовидные (рисунок 24.9); по-гавайски они именуются «пахоэхоэ». Лавы с неровной, разбитой на отдельные угловатые обломки поверхностью называют здесь «аа». По составу лавы Килауэа (и Мауна-Лоа) оливин-базальтовые с 48% SiO_2 .



Р и с. 24.7. Кальдера Килауэа с кратером Халемаумау и Килауэа-Ики. Поперечник кальдеры — почти 5 км.



Р и с. 24.8. Современный метод исследований в вулканических областях — съемка кальдеры Килауэа и Килауэа-Ики в инфракрасных лучах. Снимок охватывает по ширине около 5 км. На пленку действует только инфракрасное, то есть тепловое излучение. Участки с повышенной температурой кажутся светлыми — это прежде всего кратеры Халемаумау и Килауэа-Ики, в основании которых еще имеются горячие расплавы пород. Для того чтобы исключить воздействие солнечного излучения, такого рода аэрофотосъемки производят ночью.



Р и с. 24.9. Канатная лава (пахоэхоэ) в кальдере Килауэа. Направление течения вправо. Участок около 0,75 м².



Р и с. 24.10. «Лес призраков» на острове Гавайи. Деревья *Metrosideros* во время извержения Килауэа-Ики 1959 г. засыпанные пеплом и высохшие (фотография 1963 г.).

Непосредственно рядом с кратером *Килауэа-Ики* (что значит Малый Килауэа) произошло извержение 1959 г., начавшееся многочисленными небольшими землетрясениями (до 1500 в день!). Это было величественное зрелище — каскады лавы и лавовые фонтаны, бившие на высоту до 600 м (самые высокие из наблюдавшихся на Гавайях). Лава стекала в старый кратер и покрыла его дно слоем толщиной 130 м. С поверхности лава давно затвердела; скважина, пробуренная в 1961 г., показала, что лава застыла на глубину почти 11 м от поверхности; ниже температура жидкой лавы была еще 1100° . Поэтому на снимке, сделанном в инфракрасных лучах, кратер выступает очень резко (рис. 24.8). Выбрасываемые во время извержения мелкий шлак и пепел пассат уносил на юго-запад, где они засыпали лес (состоящий в основном из *Metrosideros*) столь толстым слоем, что он засох; омертвевшие стволы переломились как спички и упали (тоже на юго-запад) — жуткая картина полного опустошения (рис. 24.10).

Упомянутая выше *вулканологическая обсерватория* основана в 1912 г., следовательно, она значительно моложе обсерватории на Везувии, хотя отнюдь не менее известна. Особое значение она приобрела в связи с недавними извержениями Мауна-Лоа и Килауэа. Здесь предпринимаются довольно успешные попытки предсказания новых извержений. Для этого, в частности, служит сеть сейсмических станций — как известно, многим извержениям



Р и с. 24.11. Почти вымершие сандвичевы гуси на эмблеме Гавайского общества испытателей природы.

предшествуют землетрясения (пример: Килауэа-Ики, 1959 г.). Высокочувствительные наклонометры постоянно регистрируют движения почвы (которые могут быть связаны с глубинными перемещениями магмы); они отмечают даже ничтожные наклоны почвы (менее $1/10$ угловой секунды, что соответствует разности высот 6 мм на протяжении 15 км!)

Помимо геологических явлений, любитель природы обнаружит здесь много других достопримечательностей. Даже не специалисту-орнитологу интересно познакомиться с некоторыми редчайшими разновидностями птиц Гавайских островов. На эмблеме Гавайского общества испытателей природы изображены гавайские (или «сандвичевы») гуси (*Branta sandvicensis*), являющиеся вообще самой редкой птицей на земле; в 1940 г. насчитывалось только 30—50 этих птиц, живущих на воле (рис. 24.11) — вопреки образу жизни всех других гусей — в пористой лаве склонов Мауна-Лоа выше границы леса. На черных склонах кратера Килауэ можно наблюдать снежно-белую тропическую птицу (*Phaeton lepturus*); она здесь гнездится, но питается рыбой, которую ей приходится вылавливать по меньшей мере за 15 км от места гнездования. Часто встречается и американская золотая ржанка (*Pluvialis dominica*); эти птицы выводят птенцов в Сибири и на Аляске, но 10 месяцев в году проводят на Гавайских островах. Огромный путь в 3000 км преодолевается за 48 часов — это импонирует даже современному туристу, хотя его самого реактивный самолет доставляет из Калифорнии в Гонолулу еще быстрее.

25. Кратер Лаки (Исландия)

Еще в недавнем прошлом можно было перечить по пальцам геологов, видевших своими глазами кратер Лаки — место наиболее опустошительного для Исландии вулканического извержения, столь отдаленна и малодоступна эта область. Одними из немногих исследователей вулкана того времени были вюрцбургский вулканолог К. Заппер, составивший в 1906 г. первую точную карту района, и геолог Г. Рек из Берлина. Рек, участвовавший в 1908 г. в экспедиции, которая была организована с целью выяснения

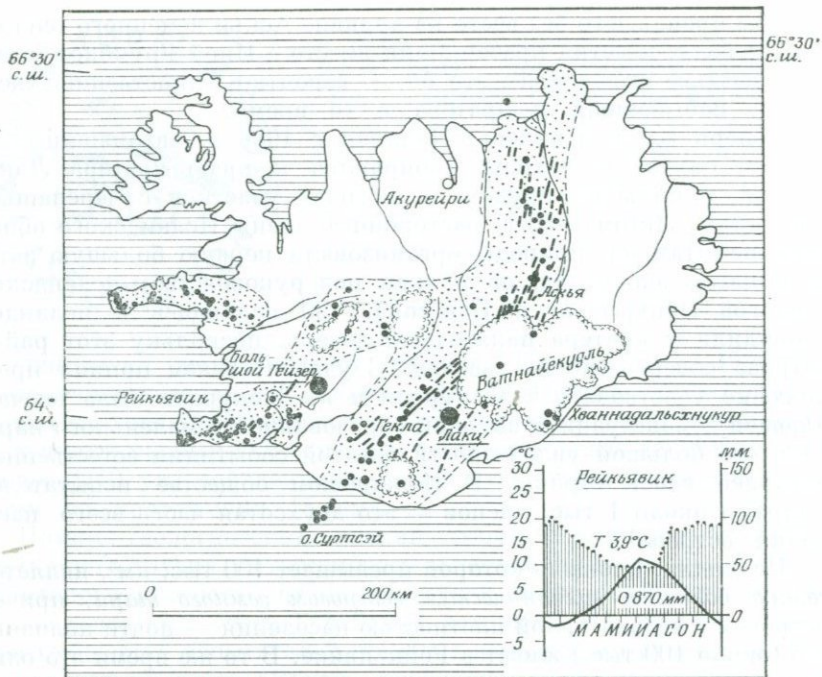
судьбы пропавшего без вести на вулкане Аскья немецкого геолога В. Кнебеля, посетил кратер Лаки вместе с Иной Грумбков (ставшей позднее его женой); это была, вероятно, единственная женщина, побывавшая у кратера в то время.

Теперь все изменилось. Начиная с 1968 г. автомашины, во всяком случае вездеходы, взбираются к краю кратера Лаки, правда, с большим трудом, а на ряде участков с черепашьей скоростью. Летом 1968 г. расторопные члены Исландского общества испытателей природы организовали первую большую автомобильную экскурсию на вулкан под руководством исландских геологов Эйнарсона и Йонссона. 130 исландцев и исландок соорудили у кратера палаточный лагерь, поскольку этот район острова совершенно не заселен. С удовольствием принял предложение участвовать в экскурсии и я. Экскурсия была впечатляющей демонстрацией высокой образованности маленького народа и его большой увлеченности богатой событиями естественной историей своей страны. В Исландском обществе испытателей природы около 1 тыс. членов — это двухсотая часть всего населения острова!

Исландия, площадь которой превышает 100 тыс. км², является самым большим вулканическим островом земного шара, причем островом с весьма малой плотностью населения — почти половина его (около 100 тыс.) живет в Рейкьявике. В то же время это один из самых древних и геологически наиболее многогранных вулканических островов. Поэтому выбрать среди многих вулканов Исландии самый интересный — дело отнюдь не простое, даже если ограничиться лишь вулканами, извержения которых происходили в историческое время. «Историческое» время для Исландии наступило только в 870 г., когда началось заселение ее норвежцами.

С тех пор проявляли активность около 30 огнедышащих гор или групп гор, многие из которых расположены в очень отдаленных и малодоступных местах острова (рис. 25.1). В этом состоит причина того, что выдающийся исследователь геологии своей родины Т. Торродсен, объездивший верхом на лошади (почти единственным в те времена средство передвижения) чуть ли не каждый уголок острова, за всю жизнь (1855—1921 гг.) ни разу не наблюдал вулканического извержения, хотя они тогда происходили неоднократно. В эпоху самолетов и джипов все, естественно, изменилось, хотя и сейчас геологические исследования в Исландии, с ее суровым климатом и редкой сетью дорог, весьма утомительны и проводить их, конечно, сложнее, чем в каком-нибудь из американских национальных парков.

Самым высоким из молодых исландских вулканов и вообще самой высокой горой в Исландии является вулкан Хваннадальсхнукур (высота 2119 м; последнее извержение — в 1362 г.), самым известным и наиболее впечатляющим в ландшафтном отношении — вулкан Гекла (последнее большое извержение — в 1947—



Р и с. 25.1. Молодые вулканы Исландии. Большинство их связано с зоной северо-восточного простираения («Центрально-Исландский грабен»), а некоторые — с пиротной зоной Снайфедль. Нередки цепочки кратеров (короткие прямые штрихи). Климатодиаграмма для Рейкьявика.

1948 г.), самым таинственным, вероятно, — вулкан Аскья (последнее извержение — в 1961 г.); в мрачном уединенном озере его кальдеры в 1907 г. при обстоятельствах, по сей день остающихся неизвестными, утонул вместе со своим провожатым немецкий геолог В. Кнебель. Необыкновенно живописную геологическую картину представляет возникший в 1968 г. вулканический остров Суртсэй. И все же самая крупная вулканическая катастрофа связана с кратером Лаки и его извержением 1783 г. Поскольку в этом вулкане наиболее ярко выражена такая характерная особенность геологии Исландии, как закономерное расположение многих кратеров на одной трещине, то наш выбор и пал на кратер Лаки.

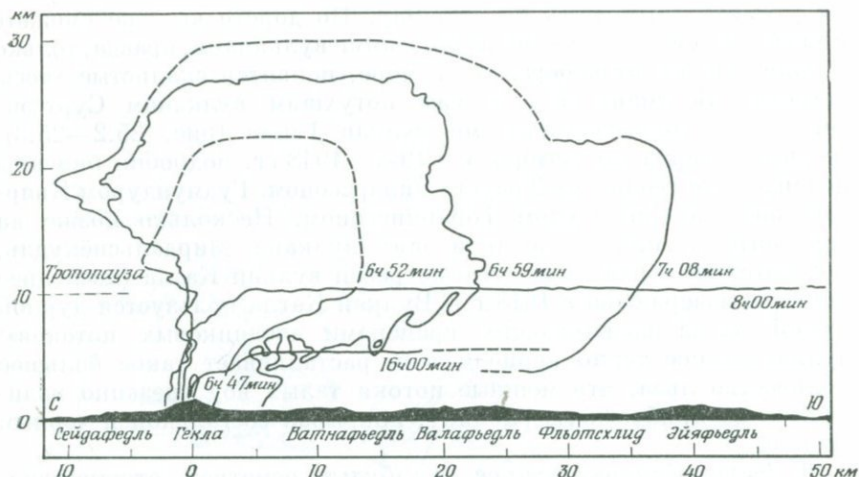
От столицы Исландии Рейкьявика до Лаки довольно далеко. Дорога к нему проходит параллельно южной береговой зоне, мелководной и опасной для судоходства, по низменному богатому осадками побережью то с зелеными пастбищными угодьями и редкими хуторами, то с голыми «зандрами» — черными песчаными равнинами, состоящими из отложений талых вод ледника.

Лишь через несколько часов вы достигнете Киркьюбайярклёйстура — последних нескольких домов на шоссе, откуда начинается

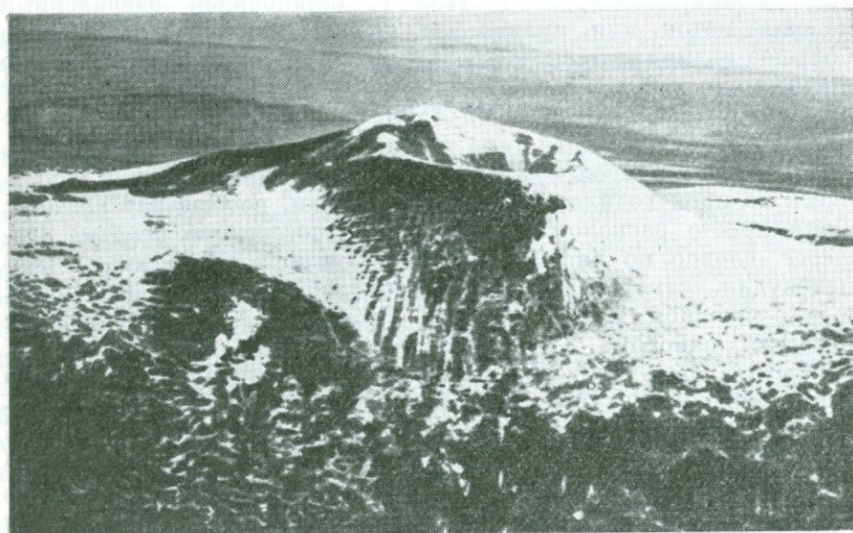
ся утомительный путь на вершину. По дороге вы уже сможете полюбоваться несколькими исландскими вулканами, правда, только издали. На юг от побережья, в море, появятся скалистые утесы островов Вестманнаэйяр с уже потухшим вулканом Суртсей, севернее — покрытый снегами вулкан Гекла (рис. 25.2—25.3), мощные извержения которого в 1947—1948 гг. подробно описаны исландскими геологами Траусти Эйнарссоном, Гудмундуром Кьяртанссоном и Сигурдуром Тораринссоном. Несколько позже на горизонте возникнет ледяной щит вулкана Мирдальсиёкюдль, под которым почти полностью погребен вулкан Катла (последнее большое извержение в 1918 г.). Вулкан Катла пользуется дурной славой из-за возникающих временами «ледниковых потоков»: вулканическое тепло периодически растапливает такое большое количество льда, что мощные потоки талых вод внезапно изливаются на прибрежную равнину, покрывая ее галькой и черным песком.

В *Киркьюбайярклёйстуре* не забудьте осмотреть отшлифованные льдом базальтовые колонны, правильный рисунок которых раньше считали творением рук человека — отсюда название этого места — Киркьюгольф («церковный пол»). Поблизости под красивой базальтовой колонной, служащей надгробием, покоится ученый пастор Стейнгримсон, который наблюдал и правдиво описал извержение Лаки. В 60 км от кратеров, всего лишь в 2,5 км от Киркьюбайярклёйстура, в 1783 г. остановился раскаленный лавовый поток, или, правильнее, лавовое море. Это было самое большое излияние лавы, наблюдавшееся на земле в историческое время.

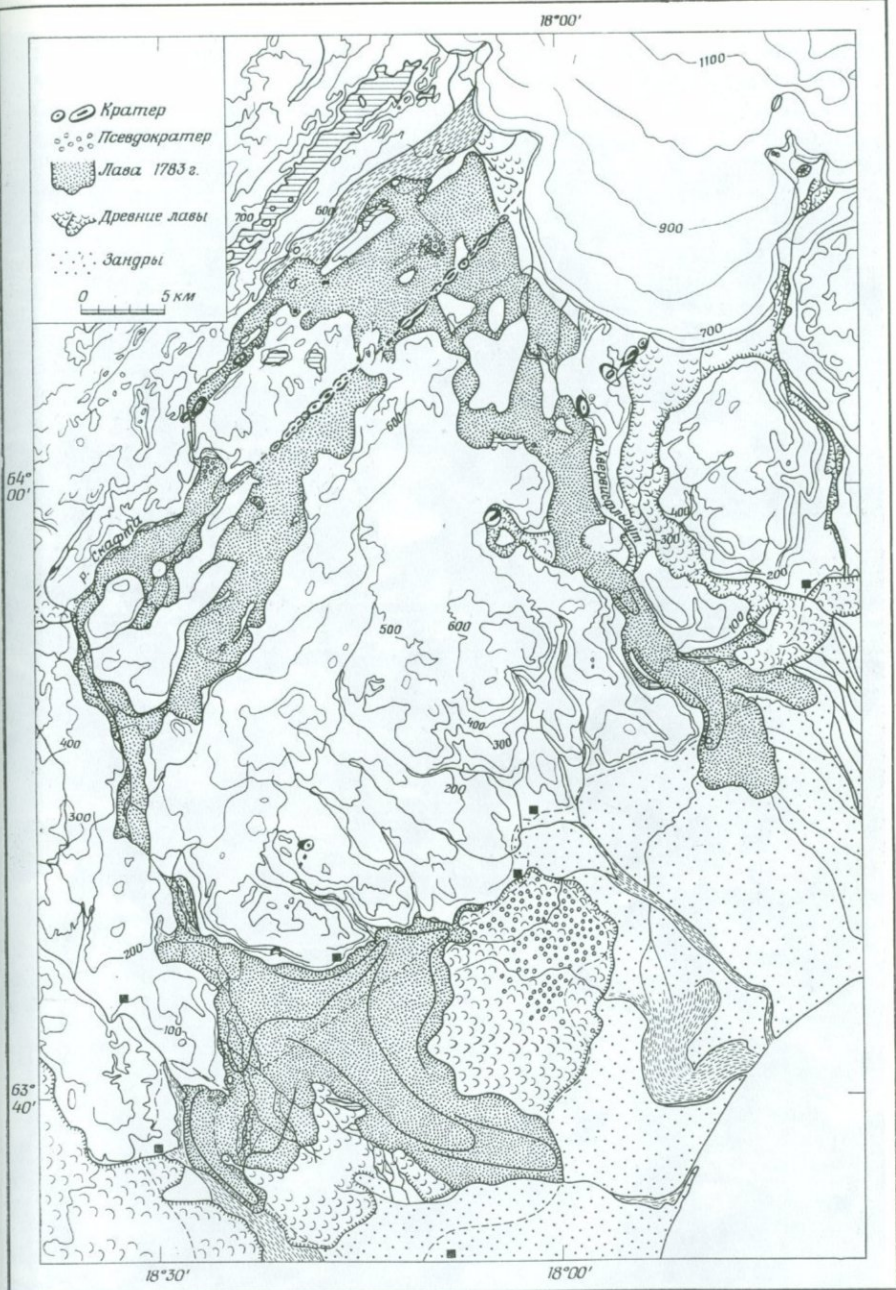
Лава вытекала из кратеров Лаки, однако обозначение «кратер» не совсем точное. Хотя гора Лаки высотой 818 м, несомненно, вулканического происхождения, никакого извержения в 1783 г. здесь не происходило, более того, у Лаки, вообще нет кратера. Лаки просто расположен почти точно посередине *цепочки кратеров*, словно по линейке протягивающейся на 25 км от Ватнайёкюдля, самого большого щитовидного ледника Исландии, в юго-западном направлении. С вершины Лаки открывается чудесная панорама 115 других значительно менее крупных, покрытых мхом конусов, образовавшихся преимущественно во время извержения 1783 г. вдоль глубокой трещины (рис. 25.4—25.5). Сначала стали проявлять активность кратеры, расположенные юго-западнее Лаки. Вулканической деятельности предшествовали землетрясения. В воскресенье 8 июня 1783 г. началось извержение, которое уже в первый день дало о себе знать жителям прибрежной полосы огромными облаками черного пепла, угрожающе затмившими солнце. Вскоре лава полностью заполнила долину реки Варма («теплой реки») и прорвалась в долину Скафты. 11 июня полноводная Скафта у побережья внезапно пересохла, так как была закупорена потоками лавы, которые 12 июня обрушились с гор на береговую низменность с множеством разбросанных здесь



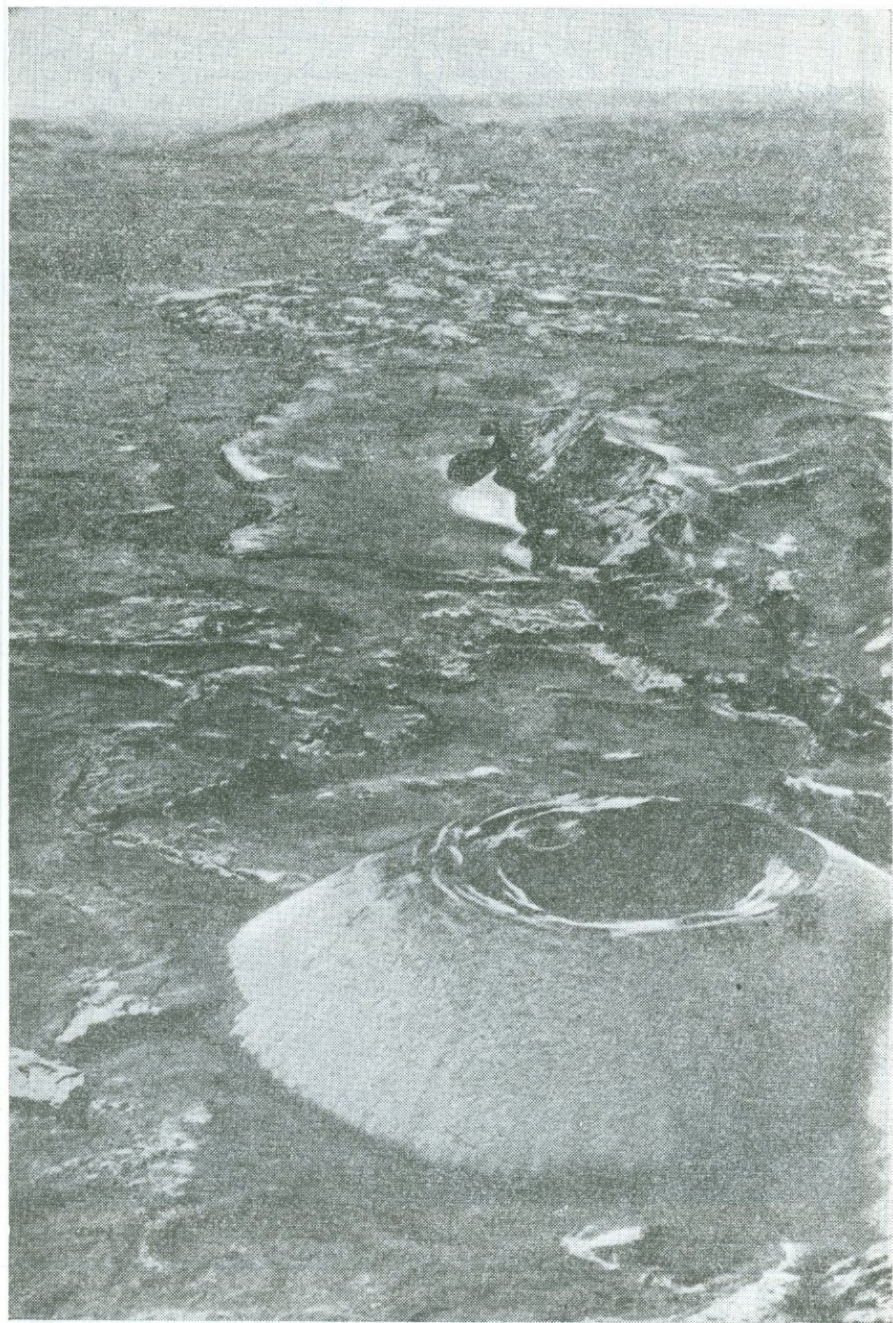
Р и с. 25.2. Судя по высоте Геклы (1491 м), нельзя было ожидать, что во время извержения 29 марта 1947 г. пепловое облако поднимется на высоту 30 км. С. Тораринссон реконструировал по фотографиям 6 стадий пеплового облака.



Р и с. 25.3. Вершинный кратер Геклы (снимок сделан с самолета в октябре 1966 г.).



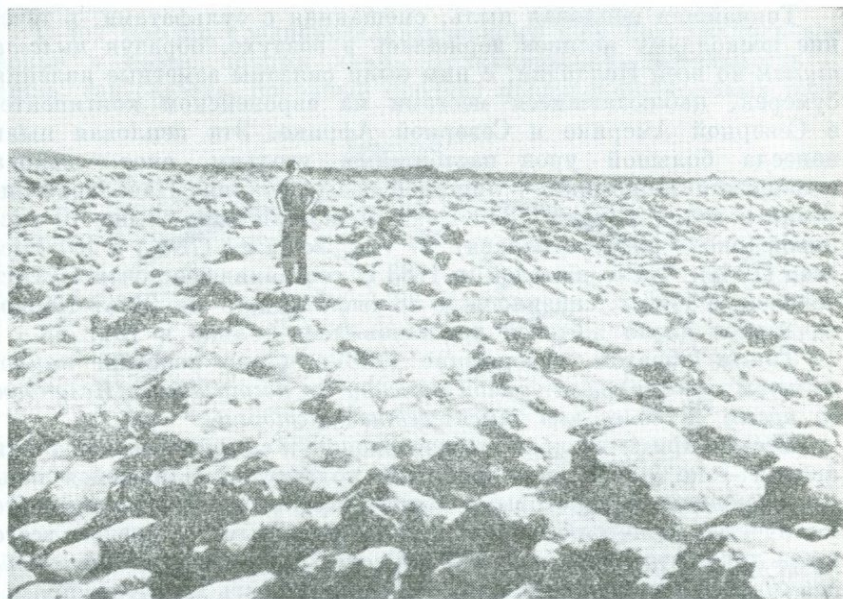
Р и с. 25.4. Карта цепочки кратеров Лаки северо-восточного простирания с двумя большими лавовыми потоками 1783 г. в долинах рек Скафта и Хвервисфлюут. Расстояние между северным и южным концами лавовых потоков 70 км! На северо-востоке виден Ватнайёкудль («ёйёкудль» — по-исландски ледник).



Р и с. 25.5. Вид с северо-востока на северную цепочку кратеров; на заднем плане Лаки.

хуторов, образовав море лавы шириной 25 км. Ныне этот хаос черных глыб порос подушками светло-серого мха; идущая вдоль берега дорога пересекает это «море» по прямой (рис. 25.6). 13 июня крестьяне, поднявшиеся в горы, увидели вдали 27 огненных столбов. Следовательно, тогда одновременно действовали, извергая фонтаны лавы, по меньшей мере 27 отдельных вулканов. 29 июля началось извержение из ряда кратеров, расположенных северо-восточнее Лаки, и второй лавовый поток ринулся к берегу по долине Хвервисфльоут. Длина этого восточного лавового потока достигла 40 км. Прекратились извержения только в феврале 1784 г. Площадь в 565 км² оказалась покрытой слоем лавы толщиной более 15 м (объем лавы превышает 12 км³). *Никогда ни одно вулканическое извержение в историческое время не выбрасывало такого количества лавы.*

Несмотря на редкую заселенность большей части этого района, 11 хуторов были полностью погребены под лавой. В масштабе страны это, конечно, еще не было катастрофой. Гораздо более тяжелые последствия повлек за собой *пепел*, выброшенный одновременно с лавой. Правда, он покрыл сравнительно небольшую площадь, которая и поныне представляет собой черную бесплодную пустыню (рис. 25.7), такую же, как во многих других районах внутренней Исландии и как пустыня Кау на Гавайских островах; это характерный пример пустынь, образование которых обусловлено «адафическим» (почвенным) фактором.



Р и с. 25.6. Заросшее серым мхом лавовое море 1783 г.



Р и с. 25.7. Окрестности кратера Лаки из-за выбросов пепла частично превращены в почти лишенную растительности пустыню (несмотря на достаточно обильные атмосферные осадки).

Тончайшая пепловая пыль, смешанная с сульфатами, в течение нескольких месяцев держалась в воздухе, образуя *пылевой туман* во всей Исландии; с ним были связаны заметные явления сумерек, наблюдавшиеся местами на европейском континенте, в Северной Америке и Северной Африке. Эта пепловая пыль нанесла большой урон пастбищным угодьям, скот — основа исландской экономики — лишился базы питания. Начались эпидемии и голод. Зимой 1783/84 г. в Исландии пало свыше 10 тыс. коров (около 50 % поголовья), 27 тыс. лошадей (76 %) и 187 тыс. овец (79 %). Число жителей, в 1783 г. составлявшее почти 49 тыс. человек, в 1786 г. снизилось до 38 тыс., то есть на 24 %. Первоначальное число жителей восстановилось только в 1811 г.

Таким образом, извержение 1783 г. стало поистине *национальной катастрофой*, самой большой из постигавших Исландию за время ее более чем тысячелетней истории.

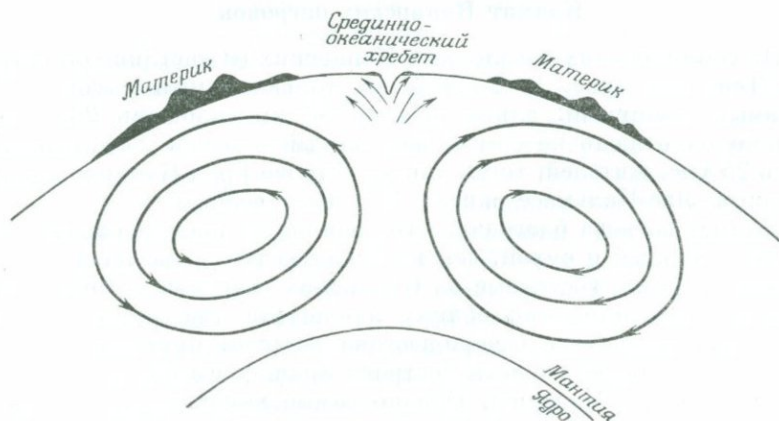
Весьма примечательно это извержение и с геологической точки зрения — не только из-за огромного количества излившейся лавы (по сравнению с некоторыми доисторическими извержениями это количество кажется, правда, весьма скромным), а прежде всего из-за того, что более чем 100 кратеров Лаки возникли на *одной-единственной трещине*; именно в Исландии есть и другие, прямо-таки классические цепочки кратеров, а также множество глубоких трещин, достигающих несколько километров в длину. Эти

прямолинейные структуры нередко определяют даже картину ландшафта; в центральной и юго-восточной частях Исландии озера и речные долины местами «слепо» следуют единому простиранию этих трещин, обычно меридиональному или северо-восточному.

Цепь кратеров Лаки, видимо, самая впечатляющая и крупная из структур такого рода на земле; она служит ключом к пониманию грандиозной и цельной структуры Исландии. Причина происхождения структуры «зарыта» действительно глубоко — это сеть *глубинных разломов* на дне Атлантического океана. Простирание разломов как в зеркале отражается в простирании вулканических отложений, накапливавшихся в Исландии в третичное и четвертичное время, то есть в течение более 40 млн. лет. Это же простирание имеет и *Срединно-Атлантический хребет*, гигантская подводная горная система, протянувшаяся на 15 тыс. км между Америкой и Европой — Африкой. Исландия, очевидно, не что иное, как часть этого хребта.

В настоящее время широко дискутируется представление, согласно которому Срединно-Атлантический хребет представляет собой шов в земной коре, под которым (в мантии Земли) происходит медленное перемещение магмы вверх, а затем в стороны вниз (рис. 25.8). Возможно, что при этом чрезвычайно медленные подкоровые течения захватывали отдельные части земной коры, обуславливая перемещение целых материков. Не исключено, что шов расположен именно там, где некогда соединялись Европа — Африка с Америкой и где произошел раскол древнего континента Гондваны.

С тех пор по срединноатлантическому шву поднимались все новые и новые порции лавы. Вулканическая деятельность — лишь, так сказать, побочный продукт процесса подкоровых тече-



Р и с. 25.8. Модель медленных течений в мантии Земли. Между двумя «валами» течений в земной коре происходят растяжение и постепенное раздвигание, а в ряде случаев также подъем магмы. Именно над такой зоной, вероятно, и расположен Срединно-Атлантический хребет.

ний; тем не менее именно с ней связано образование Срединно-Атлантического хребта, а на одном из его участков — образование большого острова — Исландии. Существование острова позволяет без особых трудов производить геологические и геофизические исследования — во всяком случае, наблюдения осуществлять здесь легче, чем на любом другом участке хребта, почти на всем протяжении скрытого под водами океана.

С названием «Гондвана» мы уже встретились во время нашего путешествия в Нойтгедахт в Южной Африке. Осматривая следы пермокарбонového оледенения, мы в общих чертах познакомились с причинами, побудившими А. Вегенера предположить существование в прошлом гигантского континента Гондваны. Исландия же подводит нас к самой сути вопроса о *движущих силах* раскола и дрейфа континентов. Вегенер не смог найти удовлетворительного решения этого вопроса; не решен он и поныне.

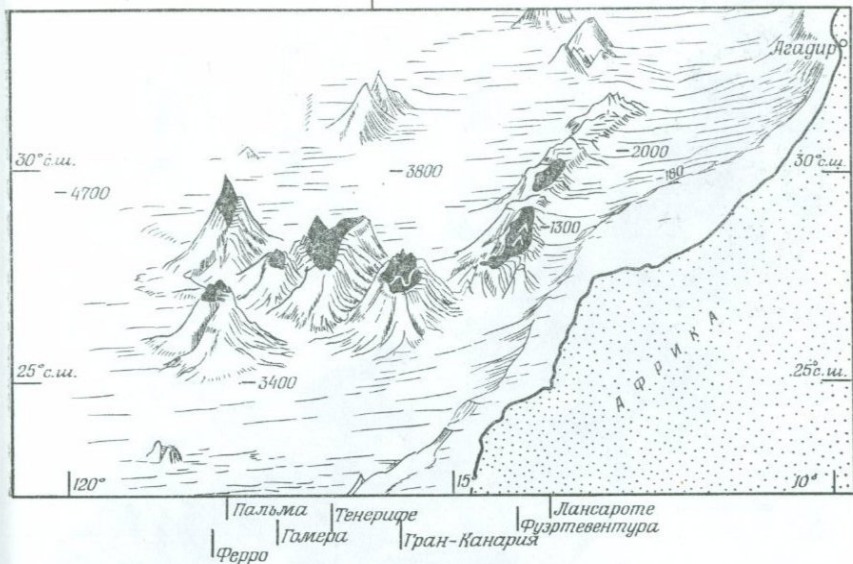
26. Вулкан Тейде (Канарские острова)

Тенерифе занимает особое место среди других островов Атлантического океана благодаря расположенному на нем вулкану Тейде (3713 м) — *самой высокой горной вершине в пределах Атлантического океана*. Остров представляет большой интерес для вулканологов, а для геоботаников это поистине классический район. Список знаменитых исследователей, изучавших природу острова, открывает А. Гумбольдт, посетивший Тенерифе во время своего путешествия в 1799 г.

Климат Канарских островов

Из семи больших населенных Канарских («Счастливых») островов Тенерифе (рис. 26.2—26.3) не только самый высокий, но и самый обширный: длина острова 83 км, площадь 2358 км². Однако он отнюдь не самый населенный — здесь насчитывается всего 25 тыс. жителей, тогда как на острове Гран-Канария только в одном Лас-Пальмасе живут 200 тыс. человек.

Климат острова благодаря его южному положению значительно более теплый и сухой, чем на Мадейре или даже на Азорских островах. Самые восточные из Канарских островов — Фуэртевентура и Лансароте — по облику ландшафта уже приближаются к Сахаре. Дующие с северо-востока *пассаты* приносят с собой на западные, более гористые острова архипелага облака и дожди (так же как на Мадейре). Однако самые высокие части острова Тенерифе выступают над зоной влажного климата. Южное побережье, отделенное горами от пассатов, естественно, значительно более сухое, чем северное, поэтому большую роль играет здесь искусственное орошение.

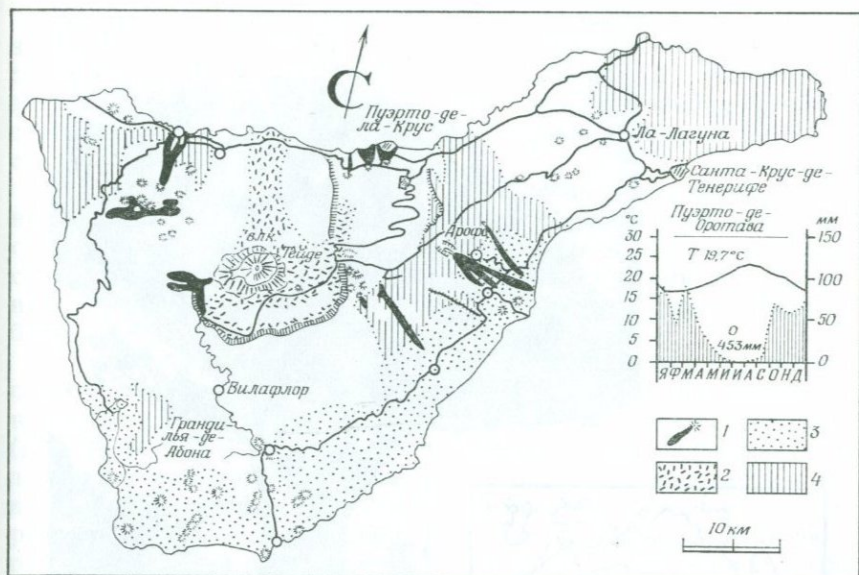


Р и с. 26.1. Современная рельефная карта части Атлантического океана с Канарскими островами (черным показаны части островов, выступающие над уровнем моря). Вертикальный масштаб увеличен в 20 раз.

Именно в климатическом разнообразии и заключается особая прелесть этого острова. При поездке на машине из расположенного на северном побережье города Пуэрто-де-ла-Крус (главного центра туризма) вверх на Каньядас (2000 м) и затем вниз к южному побережью вы пересечете *разные климатические зоны* и соответственно совершенно различные *пояса растительности*. За засушливой летом береговой полосой, лежащей на пути северо-восточного пассата, следует пояс влажных лавровых лесов с красноцветными почвами, настолько окутанный облаками и туманами, что даже днем приходится иногда включать фары. Пояс занимает полосу с 500 до 1500 м. Отсюда по многочисленным каналам поступает живительная влага на банановые плантации. Вскоре вы словно выныриваете из белоснежного моря облаков и замечаете вдаль голубые горы соседнего острова Пальма. Вы на Каньядасе. Каньядас — это пышущая жаром огромная котловина с редкой пустынной растительностью. Впереди возвышается (на 1500 м над дном котловины) гордая конусовидная вершина вулкана Тейде, совершенно лишенная растительности, а над вами раскинулось безоблачное голубое небо. В обсерватории, расположенной на соседнем острове, зарегистрирован *171 безоблачный день в году*. Каньядас можно было бы назвать пустыней, но скудость растительности объясняется не только малым количеством осадков, как, например,



Р и с. 26.2. Древнейшая точная топографическая карта острова Тенерифе, составленная в 1815 г. Л. фон Бухом. На карте четко выделяются большая кальдера Каньядас с пиком Тейде и другие формы рельефа.



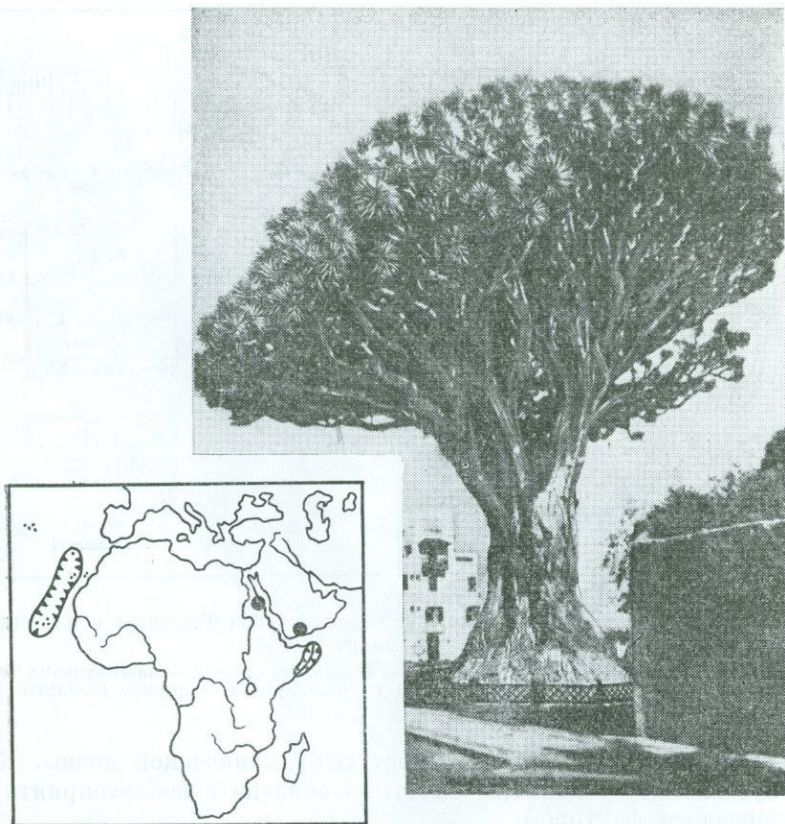
Р и с. 26.3. Геологическая обзорная карта острова Тенерифе с климатодиаграммой.

1 — молодые вулканические конусы и потоки базальтовых лав; 2 — лавы вулкана Тейде (трахионолиты); 3 — пемзовые туфы из кальдеры; 4 — древние базальты.

в Сахаре, но и водопроницаемостью вулканической почвы. Как и «пустыни» Исландии, эта пустыня связана с неблагоприятным эдафическим фактором.

Пояса растительности

Самый нижний пояс растительности находится под облаками. На севере он простирается до высоты 500 м, на юге — несколько выше. Здесь сравнительно тепло и сухо. Это царство ксерофитов. Наиболее характерное растение здесь — молочай (*Euphorbia canariensis*) — вид, эндемичный для Канарских островов. Растет здесь и известное своей буро-красной смолой («кровь дракона») драконово дерево (*Dracaena draco*) из семейства лилейных, возраст отдельных экземпляров которого якобы превышает 2—3 тыс. лет. Широко распространенным культурным растением является уже упоминавшийся банан. Разводится главным образом китайский карликовый банан (*Musa cavendishii*), а также колючая опунция, вывезенная из Центральной Америки, — наш старый знакомый по Средиземноморью. Прежде она имела большое экономическое значение для Канарских островов, так как на ней разводили кошениль — насекомых, из которых добывали красную краску — кармин. Во второй половине прошлого столетия кармин был



Р и с. 26.4. Драцена (*Dracaena draco*) в городе Икод и схема распространения остальных четырех видов *Dracaena* в засушливых областях.

главным экспортным продуктом острова, пока его не вытеснили анилиновые краски.

Зона облаков занимает пояс между 500 и 1500 м; она прохладнее, но и значительно влажнее зоны низменности. Здесь, преимущественно в ущельях, растет великолепнейший лавровый лес.

«Папоротники в рост человека образуют непроходимые заросли, повсюду с деревьев свисают, словно канаты, длинные лианы; серебристым ковром почву покрывает *Selaginella*; мхи-печеночники в чистой культуре сплошь покрывают глинистые склоны, ветвей деревьев не видно под мощными шапками различных лишайников. Стволы лаврового дерева достигают 0,5 м в толщину, среди них часто можно увидеть огромные *Erica* высотой до 7 м; гигантские листья *Pleiomeris* образуют зеленые балдахины».

Так описывает растительность «зоны облаков» швейцарский ботаник К. Шрётер. О большом сходстве этих лесов с третичными «буроугольными» лесами наших широт мы уже не раз говорили.

Местами пустынная зона над облаками начинается на севере на высоте около 1500 м. Здесь очень сухо, а ночью временами достаточно прохладно. Зимой часто лежит снег. В нижней части зоны растет редкий сосновый лес со стройной эндемичной канарской сосной (*Pinus canariensis*), отличающейся длинными (до 30 см) сросшимися по три, иголками.

В засушливых районах над поясом сосны разбросаны отдельные большие кусты *Spartacytis nubigenus* («рожденной облаками») с почти лишенными листьев ветвями. Только в пору цветения склоны вершин с мрачными темно-зелеными кустами этого растения превращаются в белоснежное море цветов, привлекающих бесчисленное множество пчел.

Столь разнообразная растительность, естественно, связана с самыми разными геоботаническими областями. На маленькой карте распространения характерных родов и видов показано (рис. 26.4), что за пределами Тенерифе некоторые виды драконова дерева произрастают в теплых, не слишком влажных местностях, в прошлом относившихся к одной климатической зоне, а ныне разделенных пустыней Сахара. *Persea* из зоны лавровых лесов — пример древесной растительности, связанной с теплыми влажными регионами Америки и Юго-Восточной Азии, а *Erica arborea*, растущая в относительно сухой горной зоне острова Тенерифе, тесно связана со средиземноморской флорой.

Древние «краеугольные камни» Тенерифе

Господствующий над островом вулкан Тейде геологически очень молод, но здесь есть и значительно более древние структуры. «Краеугольными камнями» весьма справедливо называют три высоких (более 1000 м) гористых выступа на востоке, северо-западе и юго-западе Тенерифе, поскольку они сложены сильно выветрелыми третичными *плато-базальтами и туфами* мощностью 1000 м — самыми древними породами острова. К древним структурам относится и большой хребет запад — юго-западного простирания в центре острова — Кумбре-де-Педро-Гил («кумбре» означает хребет), по которому проходит дорога от кальдеры Каньядас в город Ла-Лагуна. Высота его превышает 2000 м. Эти древнейшие части Тенерифе во многих отношениях напоминают древние, размытые ручьями и реками вулканические массивы, составляющие большую часть островов Гран-Канария и Мадейра.

Кальдера Каньядас и докальдерный вулкан

На этом древнем основании, примерно там, где ныне возвышается пик Тейде, некогда возник большой стратовулкан, который был выше современного Тейде, но теперь от него сохранились лишь остатки в виде крутых бортов огромной кальдеры (рис. 26.5). Следовательно, можно говорить о некоем *докальдерном*



Р и с. 26.5. Крутая внутренняя стена кальдеры Каньядас близ Парадора. Пустынный ландшафт обусловлен частично климатическими (бедность осадками), частично почвенными условиями (водопроницаемый грунт).

вулкане. Когда поднимаешься на автомашине из Пуэрто-де-ла-Крус в горы, хорошо виден гигантский полукруглый вал с крутыми стенами высотой местами до 500 м. Это и есть частично сохранившийся край кальдеры Каньядас («каньядас» — по-испански «желоба», «каналы», «каньоны»). К. Фрич и В. Рейс, детально описавшие в 1868 г. геологическое строение Тенерифе, назвали вал Каньядас «горами у подножия Тейде», ибо конус Тейде вздымается высоко над валом. Л. фон Бух в 1825 г. говорил о «цирке Тейде».

Вал Каньядас сложен в основном фанолитовыми и трахифонолитовыми лавами, базальты наблюдаются реже. Фанолиты — это лавы, богатые натрием; трахифонолиты являются переходным звеном к трахитам. Узкие разъеденные эрозией остатки древнего вулканического сооружения образуют близ Парадора живописные скалы, сохранившиеся после обрушения кальдеры. Когда это случилось, точно сказать нельзя, но, возможно, еще в третичное время, т. е. несколько миллионов лет назад. Можно предположить, что этому *знаменательному событию* — вся кальдера, по оценке Г. Хаузена, занимала площадь 120 м² — предшествовали *мощные извержения светлых фанолитовых пемзовых туфов*, которые ныне занимают большие площади на южном побережье острова. Частично это неслоистые «пуццоланы», отлагавшиеся, видимо, из раскаленных облаков. Пемзовые туфы водопроницаемы, поэтому южное побережье с его засушливым климатом пред-



Р и с. 26.6. Плодородная долина Ортава, вероятно, тектонического происхождения (долина-грабен). Вид на сбросовый уступ западного крыла грабена («Ладера-де-Тигайга»), над которым величаво возвышается вулкан Тейде. На переднем плане растение-абориген — статная канарская финиковая пальма; в долине — плантации бананов.

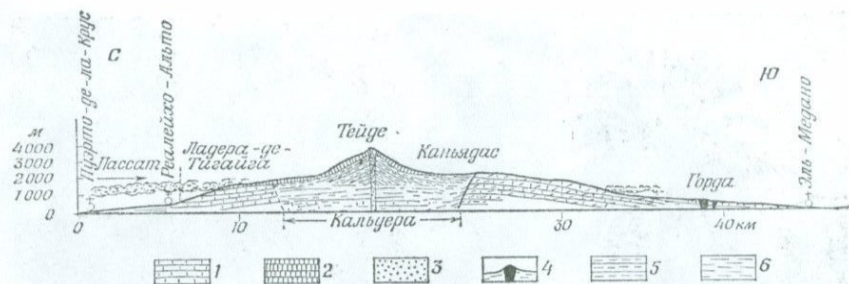
ставляет пустынный ландшафт. Ветер кое-где превратил их в весьма причудливые скалы. Помимо обломков темной лавы, туфы содержат куски величиной с орех светлых пемзовых туфов, слагающих пляж у Медано.

Долина Ортава

Севернее Тейде породы докальдерного вулкана почти не сохранились — всё перекрыто молодыми лавами Тейде. И только в глыбе *Тигайга* — к юго-востоку от Пуэрто-де-ла-Крус — на поверхность выходят более древние фанолитовые породы. Восточный край глыбы Тигайга — ярко выраженная зона разлома — Ладера-де-Тигайга, крутой стеной ограничивающая плодородную долину Ортава — Пуэрто-де-ла-Крус (рис. 26.6) на западе. Восточным обрамлением этой широкой долины служит также крутой борт разлома Ладера-де-Санта-Урсула, так что впадина Ортава в целом представляет собой *грабен*.

Вулкан Тейде

Следующая эпоха геологической истории Тенерифе характеризуется образованием в кальдере Каньядас *нового, также трахи-фанолитового центрального вулкана*. Ныне он увенчан пиком Тейде высотой 3713 м над уровнем моря; но над кальдерой Канья-



Р и с. 26.7. Приблизительно меридиональный разрез вулкана Тейде и кальдеры Каньядас. Выделяются докальдерный вулкан, кальдера и вулкан Тейде. Нижние части разреза показаны гипотетически.

1 — докальдерный вулкан (фонолитовые лавы); 2 — молодые лавы вулкана Тейде (частично обсидиановые); 3 — пемзовые туфы (частично продукты извержения из кальдеры); 4 — молодой шлаковый конус (базальт); 5 — трахифонолиты вулкана Тейде; 6 — различные вулканические образования.



Р и с. 26.8. Пик Тейде (3713 м) над пассатными облаками. Светлая «сахарная голова» (покрыта белыми пемзовыми туфами, с маленьким вершинным кратером) «сидит» на несколько более древнем кратере Рамблета (черные обсидиановые лавы).



Р и с. 26.9. Тень конуса Тейде при заходе солнца. Вид с Альта-Виста (3270 м). Вершина тени точно совпадает с верхней кромкой стены кальдеры Каньядас, находящейся на расстоянии 7 км.

дас (рис. 26.7) он поднимается только на 1700 м. Собственно это два Вулкана, так как в 3 км западнее Тейде возвышается на 3120 м пик *Вьехо* с вершинной кальдерой поперечником 1400 м. Название этого сильно усеченного конуса переводится как «Старая гора», что случайно верно и геологически, ибо Тейде, по-видимому, моложе Вьехо. Правда, совсем недавнее (1798 г.) извержение произошло именно из побочного конуса пика Вьехо!

Из кальдеры Каньядас особенно хорошо видно, что вулкан Тейде не представляет собой правильный конус, — собственно вершина его (Пан-де-Асукар или *Питон*, «Сахарная голова») высотой 200 м насажена на своего рода платформу — Рамблету (рисунок 26.8). *Рамблета* — остаток древнего кратера, проявлявшего активность до недавнего времени; именно отсюда изливались многочисленные огромные потоки черной лавы, покрывающие склоны и спускающиеся до кальдеры Каньядас. Покровы состоят из стекловидного обсидиана — очень быстро затвердевшей лавы. Под лучами безжалостного солнца обсидиан распадается на острые обломки.

У Питона относительно небольшой вершинный кратер диаметром 50—70 и глубиной 40 м; конусовидная форма этого пика изменилась сравнительно мало. Все еще продолжается деятельность фумарол и осаждается сера. Породы, слагающие Питон, — частично выветрелые и поэтому белесые.

Черные обсидиановые лавы Рамблеты, как и светлые пемзовые туфы вулкана Тейде, местами покрывающие его склоны, относятся к *наиболее молодым вулканическим образованиям*. Название Питона «Сахарная голова» благодаря светлым туфам оправдано даже летом (зимой на нем лежит шапка снега). Туфы покрывают и высокий (2783 м) лавовый купол Монтанья-Бланка, откуда происходят

мощные потоки обсидиановой лавы, стекавшие даже в долину Ортава. Но как молодые обсидиановые лавы, так и пемзовые туфы, очевидно, *доисторические*, то есть отложились до XV века, вряд ли много раньше.

С вершинного кратера открывается необычайный по живописности вид на все Канарские острова, «на область, равную одной четвертой территории Испании», как писал Гумбольдт. Восход и заход солнца, наблюдаемые с вершины Тейде,— самое величественное из зрелищ, доступных на Тенерифе (рис. 26.9). 22 июня 1799 г. на вулкан поднялся А. Гумбольдт. От прежних трудностей восхождения на вершину остались только высота и разреженный воздух, которые почувствовал даже Г. Мейер, первовосходитель на Килиманджаро. Трудности восхождения в зимнюю пору, в метель, по обледеневшим кручам образно описал в 1869 г. Э. Хэккель.

Молодые вулканические конусы Тенерифе

Почти по всему острову рассеяны *небольшие шлаковые конусы с хорошо сохранившимися кратерами*, нередко с узкими языками потоков лав щелочно-базальтового состава; эти черные шлаковые поля, местами почти лишенные растительности, образуют «malpais» («дурные земли»). Кое-где эти шлаковые конусы стоят довольно кучно, например в окрестностях Ла-Лагуны их насчитывается около 20. Их лавы и туфы сnivelировали древний рельеф (что, в частности, позволило построить на Тенерифе аэродром).

Все эти вулканические конусы *молодые*; извержения самых молодых происходили еще в историческое время. Примером могут служить *3 низких конуса*, нарушающих однообразие долины Ортава *недалеко от Пуэрто-де-ла-Круса*. Они расположены на одной и той же линии запад-юго-западного простирания и едва достигают 400 м высоты. Последние извержения происходили, вероятно, в 1440 г. На лаве в 1440 г. построена гостиница Таоро, существующая до настоящего времени.

У этих кратеров, как и у многих других, вал замкнут не полностью, на севере он прорван. Г. Хаузен объяснял это тем, что во время извержения (как и ныне) дули ветры северного направления, которые уносили выброшенные туфы в противоположном направлении. Помимо трех конусов в районе Пуэрто-де-ла-Круса, в последние столетия во время извержений возникло еще несколько небольших конусов.

В *декабре 1704 г.* у города Фасния, юго-западнее Монтаньи-Исаньи, возник черный шлаковый конус Сиете-Фуэнтес (2248 м).

В *феврале 1705 г.* произошло извержение вулкана Фасния (2220 м); поток лавы почти достиг одноименного города.

В *феврале 1705 г.* на склоне над Гуимаром образовался вулкан Арафо (1570 м). Шлаковый конус расположен в узкой грабено-

подобной зоне. Длина трех лавовых потоков достигала 8 км (один из них угрожал затопить город Гуимар, другой достиг побережья).

В 1705—1706 гг. на северном побережье, в 8 км к югу от Гарачио, возник конус Монтанья-Негра. Пять лавовых потоков разрушили часть города Гарачио и находящуюся в нем гавань (единственную на северном побережье).

В 1798 г. на западном склоне пика Вьехо образовался конус Чаорра (2625 м). Лава частично стекала в кальдеру Кањядас, частично на северо-запад.

В 1909 г. в 11 км на запад — северо-запад от вулкана Тейде вырос конус Монтанья-Чинера (1502 м). Лавовый поток длиной 4 км обогнул древний вулкан Монтанья-де-Бильма и остановился недалеко от Сантьяго.

Мы могли бы еще добавить, что только на трех из Канарских островов вулканические извержения происходили в историческое время — на Тенерифе, Лансароте и Пальма, где последнее извержение было в 1949 г. (это вообще самое молодое извержение на архипелаге Канарских островов).

Особенности вулканов Тенерифе

История вулканов на Тенерифе, как и в Исландии, начинается уже в третичное время. Однако у Тенерифе мало общего и с Исландией и с вулканическими областями Италии, Эйфеля или Гавайских островов. Отличительными особенностями вулканов Тенерифе являются: большая доля лав, богатых кремнеземом (частично в форме стекловатого обсидиана), взрывные процессы (выброс пемзовых туфов), наличие необычайно большой кальдеры Кањядас и значительная высота всего вулканического сооружения. И лишь небольшие молодые базальтовые конусы напоминают конусы Исландии, Италии, Эйфеля, Оверни и многих других вулканических районов земного шара.

Л. фон Бух и Канарские острова

Любой геолог, изучающий историю геологических исследований на Канарских островах, не может не отметить роли такого крупного ученого, каким был Леопольд фон Бух (рис. 26.10). Вместе с норвежским ботаником Кристианом Смитом он посетил острова в мае — октябре 1815 г. Результаты его наблюдений составили толстую книгу и атлас (см. рис. 26.21).

Л. фон Бух уже в то время отрицал концепцию непунистического (морского) происхождения базальтов, которой ошибочно придерживался его учитель А. Вернер, но вместе с тем выдвинул другую *неверную гипотезу* образования больших вулканических кратеров, прежде всего кальдер (так мы сейчас называем эти формы, заимствуя обозначение, которое дал им Л. фон Бух, опи-



Р и с. 26.10. Один из первых исследователей острова Teneriffe Леопольд фон Бух (1774—1853).

савший «кальдеру Пальма»). Он считал кальдеры «кратерами поднятия». На Канарских островах — как до этого в Эйфеле, Оверни, Италии — он пытался найти доказательство своих воззрений. Он считал невозможным, чтобы вулканы, особенно большие, могли возникнуть в результате отложения материала, выброшенного из центрального жерла; он, напротив, утверждал, что первоначально лавы

и туфы отлагались друг на друге в виде горизонтально залегающих слоев, которые затем в результате поднятия снизу, обусловленного «упругими силами в глубинах земли», приняли форму конуса; в центре его позднее прорывались вулканические газы, которые и вскрыли конус. По его мнению, возникновение кратеров не было следствием выбросов лавы. Даже образование на склонах вулканов многочисленных радиальных борозд (баранкосов) Л. фон Бух рассматривал как результат поднятия (трещины растяжения), а не как следствие размыва лавы ручьями, стекавшими по склонам. Кратерами поднятия он считал не только Лаахское озеро, три большие кальдеры Сан-Мигель (Азорские острова) и, естественно, Каньядас, но также возникшую в окрестностях Неаполя в 1538 г. кальдеру Монте-Нуово! Содержащееся в одном из писем к К. Науману прекрасное описание экскурсии на Монте-Нуово, совершенной Л. фон Бухом, Г. Хельдер по праву назвал «жемчужиной геологической литературы».

Хотя в отдельных случаях поднятие снизу признается даже некоторыми современными исследователями, большинство идей Л. фон Буха давно опровергнуто. И в первую очередь к этому причастен Ч. Лайель. Кратеры поднятия — яркий (и только один из многих) пример того, какими ложными путями могут идти даже крупные ученые и что приносимый этим вред тем больше, чем больше авторитет того или иного ученого, например такого, как Л. фон Бух.

Были ли Канарские острова некогда частью Африки?

Канарские острова расположены столь близко от африканского континента, что поневоле напрашивается вопрос о том, не были ли они прежде частью Африки, например, как Мадагаскар. Некогда их связывали с материком и в географическом плане, отведя самому западному из Канарских островов — острову Ферро (ныне Иерро) как крайней западной точке Старого света роль *нулевого меридиана* (1634 г.); и только значительно позже эта роль была передана Гринвичу.

По своему геологическому строению Teneriffe и большинство других Канарских островов не обнаруживают какой-либо связи с материком. Все они, насколько известно, чисто вулканического происхождения, такого же, как истинно «океанские острова» — Гавайи или Св. Елены. Лишь на острове Фуэртевентура в последнее время якобы обнаружены, по данным П. Роте, морские отложения мелового возраста. Растительный мир — не слишком убедительное доказательство бывших связей с материком, поскольку семена многих растений легко переносят морские течения, ветер и птицы.

Самый важный критерий — современная *фауна* (разумеется, за исключением летучих мышей, птиц и насекомых, для которых море не может служить преградой). Для большинства же других животных возможность распространения через водные пространства ограничена. И действительно, крупных животных на Teneriffe очень мало. Здесь нет змей и эндемичных млекопитающих (за исключением летучих мышей), но много (так же как на Мадейре и Порто-Санто) различных ящериц — на Teneriffe их известно три вида — и лягушек (два вида). Часто встречаются улитки.

Конечно, приходится считаться и с завозом животных человеком, особенно на Канарские острова, заселение которых произошло давно. Для более древних ископаемых животных этот вид переселения исключается, поэтому находки их, к сожалению, чрезвычайно редкие, имеют большое значение. Так, в 1925 г. немецкий ученый О. Бурхард, живший много лет на Teneriffe, нашел там кости крупной (около 1 м) наземной черепахи (*Testudo burchardi* Ahl) в пещерах Барранко-Секо восточнее Адехе; возраст ее, видимо, поздне триасовый. В этих же отложениях обнаружен крупный экземпляр ископаемой ящерицы *Lacerta goliath* Mertens. Однако черепахи и ящерицы — еще не доказательство связи острова с континентом, поскольку яйца этих животных могли быть перенесены на стволах деревьев (как это было, например, на островах Галапагос). Такая возможность, видимо, исключена для *страуса*, яйца которого П. Роте обнаружил в 1964 г. в поздне третичных песчаниках острова Лансароте. Конечно, яйца не позволяют сделать такого надежного определения, как костные остатки, однако их размеры и структура скорлупы указывают на близкое родство этого страуса с африканским.

Итак, непосредственную связь в прошлом с африканским континентом можно предполагать только для острова Лансароте и по аналогии для острова Фуэртевентура. Для остальных островов никаких оснований для такого предположения нет. Прежде всего об этом свидетельствует большое количество эндемичных видов растений Канарских островов.

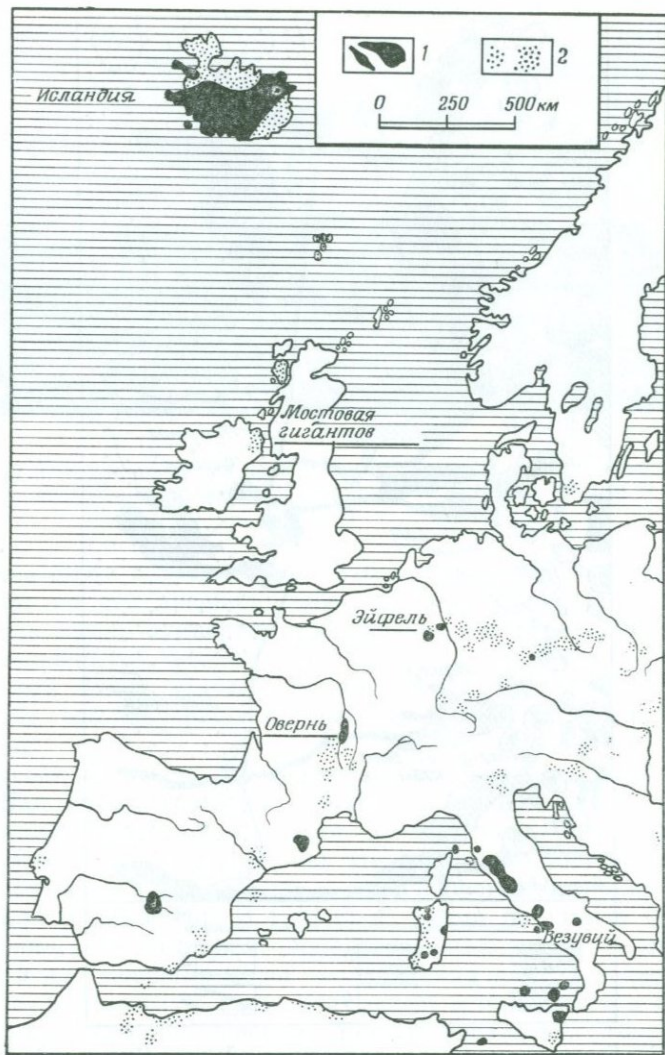
27. Потухшие вулканы Европы

В первые десятилетия XIX в. потухшие вулканы интересовали многих геологов больше, чем современные огнедышащие горы; Овернь, Эйфель и Северная Ирландия становились предметом горячих споров чаще, чем Везувий или Этна. Прежде всего разгорелся спор о базальтах. А. Вернер (1750—1817), всемирно известный ученый, первый профессор геологии Фрейбергской горной академии в Саксонии, выступил с ошибочной концепцией об осадочном, то есть водном, происхождении базальтов. Идеи «нептунистов» разделял и Гёте. Однако уже ученики А. Вернера — А. Гумбольдт и Л. фон Бух правильно поняли вулканическую природу базальтов, чем способствовали победе «плутонистов».

а. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПЮИ (ОВЕРНЬ)

Вероятно, нигде в Европе потухшие вулканы не сохранились так хорошо, как в Оверни, в окрестностях Клермон-Феррана, центральная Франция (рис. 27.1). Местами они образуют цепочку — отсюда название «цепь Пюи» (под «пюи» понимается четко выраженная в рельефе возвышенность). Уже из окна поезда, идущего из Парижа в Клермон-Ферран, можно наблюдать и цепочковидное расположение вулканов, и резкую границу между горами и равниной (то есть между Центральным массивом и грабеном Лимань), проходящую по сбросовому уступу. Широко известные минеральные источники Франции — Виши приурочены к восточному борту грабена. Почти все вулканы находятся на плоскогорье, сложенном местами очень древними (докембрийскими) гнейсами, местами относительно древними (каменноугольными) гранитами (рис. 27.2).

Пюи-де-Дом, возвышающийся на 1465 м за Клермон-Ферраном, является самым высоким из молодых вулканов (рис. 27.3). На автомобиле легко на него подняться, и поездка оправдывается, так как с широкой вершины хорошо обозреваются далекие окрестности. Сейчас эта вершина используется для целей телевидения, а некогда на ней стоял римский храм Меркурия, построенный из домита (домит — порода, названная по вулкану Пюи-де-Дом)! Однако для постройки этого храма использовали не местный домит (он слишком хрупок), а домит, доставлявшийся с большими трудностями с горы Саркуи и из других мест. Французский геолог



Р и с. 27.1. Молодые вулканы Европы.

1 — четвертичный вулканизм; 2 — преимущественно третичный вулканизм.

Ф. Гланжо в одной из работ о «цепи Пюи» (1913 г.) вспоминает, что именно здесь приземлился один из первых построенных самолетов. В 1908 г. братья Мишелен (известные фабриканты резиновых шин из Клермон-Феррана) учредили премию в 100 тыс. франков тому, кто за 6 часов долетит из Парижа до вершины Пюи-де-Дом. Это удалось Эжену Рено 7 марта 1911 г. Возможность приземления геологически обоснована: Пюи-де-Дом представляет собой экстре-

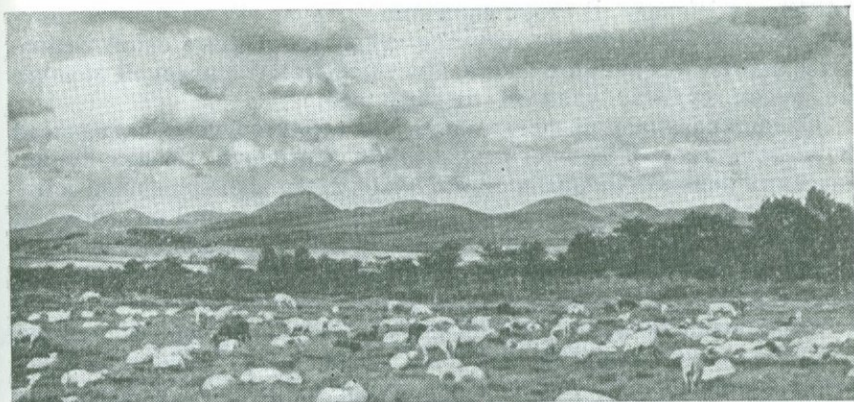


Р и с. 27.2. Геологическая карта вулканической цепи Пюи в районе Клермон-Феррана. Отчетливо выделяется цепочковидное расположение вулканов (параллельное краевому уступу грабена Лимань). Лавовые потоки местами стекали в грабен.

1 — базальты; 2 — андезиты; 3 — домиты; 4 — гнейсы, граниты; 5 — третичные осадки (грабен Лимань); 6 — сбросовый уступ.

живный (состоящий из выжатой из кратера вязкой лавы — трахита) очень плоский купол.

Известный французский философ, математик и физик Б. Паскаль, родившийся в Клермон-Ферране в 1623 г., произвел в 1648 г. на горе Пюи-де-Дом свой знаменитый опыт по взвешиванию воздуха. Тогда уже было известно, что давление воздуха равно давлению



Р и с. 27.3. Вулканическая цепь Пюи, вид с запада (с Центрального плато). В центре возвышается трахитовый купол вулкана Пюи-де-Дом (1465 м).

столбика ртути высотой 76 см, что Торричелли объяснял «весом» воздуха; но его предположение не было принято. У Паскаля возникла мысль проверить это на горе, где вес воздуха должен быть меньше. Его родственник Перье успешно провел этот знаменательный опыт: стрелка барометра на вулкане Пюи-де-Дом показала, что давление здесь было на 8 см ниже, чем в Клермон-Ферране.

Первым геологом, проводившим исследования этого района, был Жан Геттар (родился в 1715 г.), сын аптекаря, хранитель коллекций герцога Орлеанского, позднее член Парижской академии (умер в 1786 г. в Париже). Им составлена минералогическая карта Франции и Англии; он — автор первого капитального исследования о размыве гор. В 1751 г. во время поездки в Овернь он установил, что материал, использовавшийся при строительстве домов и для мощения дорог (вольвикский камень), представляет собой вулканическую лаву. Этот «след» и привел его к открытию потухших вулканов Оверни. Геттар исследовал 16 вулканов, однако, встретив на Мон-Доре базальты со столбчатой отдельностью, приписал им осадочное происхождение. Его работа по Оверни опубликована в 1756 г.

Именно в Оверни и начался спор между нептунистами и плуто-нистами. Геттар в отношении базальтов (но не в отношении шлаковых конусов!) поддерживал первых, а Демаре (1765 г.) — последних.

В числе первых исследователей Оверни следует упомянуть и Жиро-Сулави, оригинального самоучку, сторонника идей плуто-нистов, который даже попытался (в XVIII веке!) установить последовательность вулканических событий. Аббат в Ниме, затем викарий в Шалоне, ярый революционер и якобинец, он умер

в 1813 г. в Женеве. В своем семитомном труде «Естественная история южной Франции» он пытался «увязать» данные своих геологических исследований с библией и учением католической церкви. Не будем судить, удалось ли ему это.

Сулави развивал представление, что характер человека зависит от почвы и географического положения местности. Воздух вулканических районов якобы постоянно насыщен «электрической материей», поэтому нервы человека все время возбуждены и натянуты; напротив, в районах, сложенных известняками, глинистыми сланцами, гранитами и галечниками, из-за недостатка электричества физические и духовные силы человека ослаблены.

Рассматривая этот ранний период исследований в Оверни, следует упомянуть и о Гемфри Дэви, крупном английском химике, с чьим именем связывают изобретение безопасной шахтерской лампы (лампа Дэви). В 1812 г. с рекомендательным письмом Наполеона в кармане он прибыл в Парию, чтобы доказать справедливость своей теории, по которой вулканические извержения происходят вследствие воздействия воды на щелочные металлы.

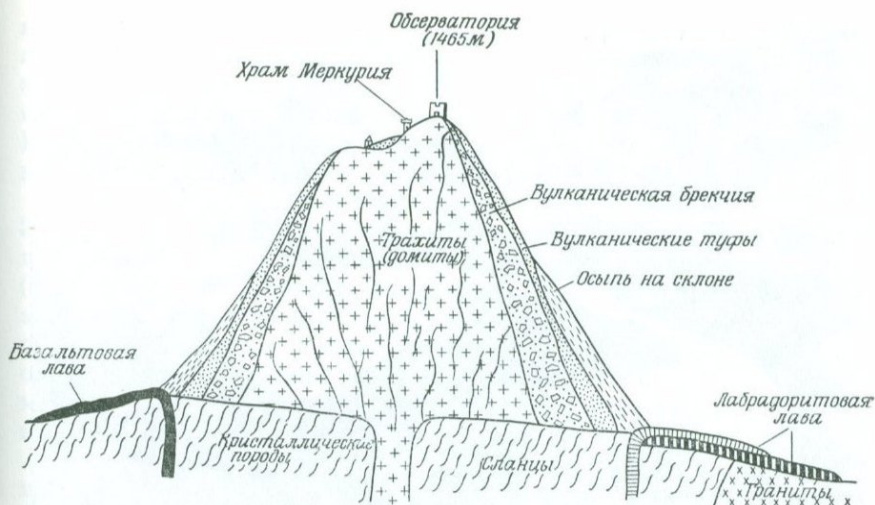
Центры вулканических извержений Оверни местами прекрасно сохранились. Среди них можно выделить две резко различные группы. К первой, меньшей, относятся светлые трахитовые *купола* без шлаковых и туфовых конусов и без кратеров (пример — Пюи-де-Дом). Очень вязкая лава поднимается по жерлу вулкана в виде пробки; французские геологи приводят в качестве примера такой «пробки» пик Пеле на острове Мартиника. Лавовые потоки у этой группы вулканов отсутствуют (рис. 27.4).

Некоторые трахиты именуют *домитами* — так Л. фон Бух в 1809 г. назвал биотитовые и плагиоклазовые трахиты вулкана Пюи-де-Дом. Однако они наблюдаются и на других «пюи», например на горе Саркуи.

Вторую, более многочисленную группу образуют *кратерные вулканы*, небольшие конусы, сложенные почти исключительно андезитовыми и темными базальтовыми слоистыми рыхлыми толщами (рис. 27.5). Но и здесь первые излившиеся лавы часто представляли собой трахиты.

Для этих вулканических центров характерны *лавовые потоки*, первоначальный хаотический ландшафт которых кое-где различим и поныне, несмотря на покрывающую их растительность. Местное название потоков «cheires»). Они стекали в грабен Лимань и в долины (которые, следовательно, тогда уже существовали), нередко совершенно заполняя их, что вызывало подпруживание рек. Лавовые потоки достигали в длину 10—20 км; там, где они накладывались один на другой, их общая мощность достигает 100 м (рис. 27.6).

Лавы издавна используются как строительный материал. Выше мы уже говорили об известном и ценном «вольвикском камне», который относится к группе трахитов, содержащих андезин. Грунтовая вода, фильтрующаяся через лаву, становится настолько



Р и с. 27.4. Геологический разрез трахитового купола Пюи-де-Дом.

чистой, что ее в консервных банках вывозят в другие районы страны.

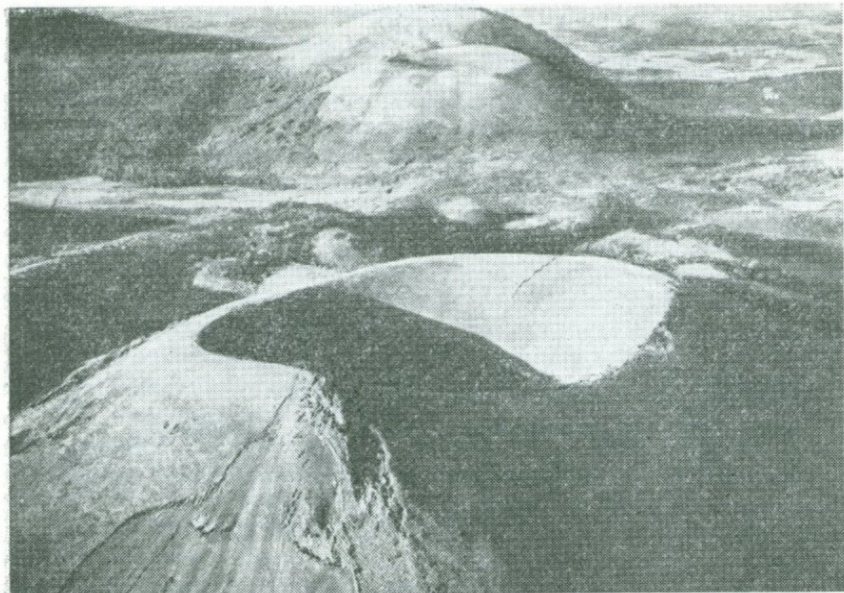
Самый красивый кратерный вулкан, на мой взгляд, — андезитовый *Пюи-де-Париу* высотой 1210 м (рис. 27.5). По строению (два вложенных один в другой вала) он напоминает, конечно, несравнимо больший по размерам Везувий. В его живописном кратере 30 августа 1833 г. по инициативе Лекока отмечалось основание Французского геологического общества: «Потолком зала заседания служило голубое небо, светильником — солнце; коврами были зеленая трава и цветы, скрывающие очаг бывшего извержения. Никогда еще кратеры и геологи не были столь дружелюбно настроены».

Извержения, несомненно, происходили в *четвертичный период*, даже во время последнего оледенения и позже. Самые молодые лавовые покровы погребены под галечниками террас, в которых найдены кости северного оленя, — следовательно, возраст их не древнее вюрма. По данным определений абсолютного возраста радиоуглеродным методом, извержение Париу происходило 7700, а извержение Пюи-де-ла-Ваш — 8800 лет назад.

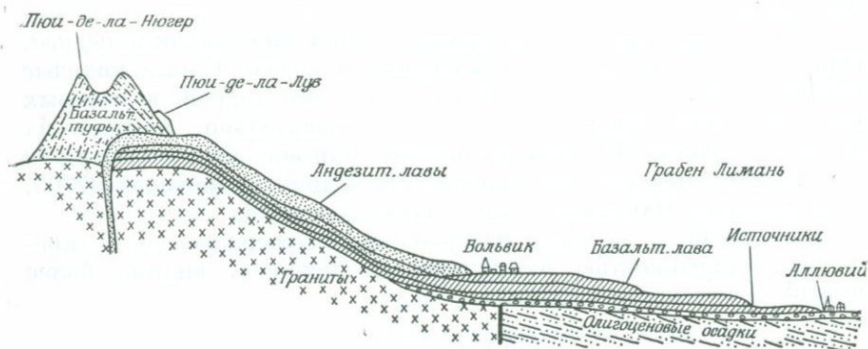
Четвертичный возраст извержений подтверждается и прекрасной сохранностью вулканических конусов, видимо более молодых, чем конусы Эйфеля.

б) МААРЫ ЭЙФЕЛЯ

Маары — небольшие округлые, часто сравнительно глубокие котловидные впадины, приятно нарушающие однообразие ландшафта Рейнских Сланцевых гор. Геологически они столь своеобразны, что рейнское название «маары» этих частично запол-



Р и с. 27.5. Вид с севера на Пюи-де-Парию (1210 м) с живописным кратером, в котором в 1833 г. отмечалось основание Французского геологического общества. Возраст кратера около 7700 лет. Позади — кратер Пюи-де-Гуль (1149 м) и купол Пюи-де-Саркуи (1147 м).



Р и с. 27.6. Геологический разрез Пюи-де-ла-Нюгер.

Базальтовый шлаковый конус с кратером, поблизости от которого расположен краевой уступ грабена Лимань. На потоках базальтовой лавы, стекавшей в грабен, расположена деревня Вольвик. У основания частично водопроницаемого лавового потока выходят известные минеральные источники.

ненных водой кратеров стало международным. Слово «маары» происходит от латинского mare (море). Учитель трирской гимназии И. Штейнингер (1794—1878), которому мы обязаны подробными сведениями о «потухших вулканах Эйфеля и Нижнего Рейна», первым применил это эйфельское название для обозначения такого рода вулканических форм.

Однако первые геологические наблюдения в «вулканическом Эйфеле» проводились значительно раньше, под знаком *спора* (как и в Оверни) *между плутонистами и нептунистами*. К. Нозе (его именем назван минерал нозеан) в книге «Орографические заметки о Зибенгебирге и прилежащих частично вулканических областях Нижнего Рейна» (1790 г.) рассматривал Рейнскую область как по меньшей мере частично «вулканическую». Однако маароподобное Лаахское озеро (ныне уже не относимое к собственно маарам) он не считал вулканическим.

В 1790 г. эти места посетил Г. Форстер — спутник Дж. Кука в его втором кругосветном плавании, а позже активный участник Французской революции. Сравнение Рейнской местности с Геклой и Этной он считал «забавной фантазией». Вулканологические исследования в Эйфеле проводили горный директор из Бонна Э. Дехен (1800—1889), позже директор Геологического управления земли Северный Рейн-Вестфалия, В. Аренс и боннский петрограф И. Фрехен. Сводная работа о маарах недавно выполнена Г. Ноллем.

Особенно живописные маары расположены в западном Эйфеле (рис. 27.7): самый глубокий маар Пульфер (74 м; рис. 27.8—27.9), лежащие близко один к другому маары Вейнфельд, Шалькенмерен и Гемюнде, а также самый большой маар Меерфельд поперечником 1480 м. Некоторые данные об этих маарах приведены в таблице.

РАЗМЕРЫ НЕКОТОРЫХ МААРОВ ЗАПАДНОГО ЭЙФЕЛЯ

Маары	Поперечник озера или дна кратера, м	Глубина озера, м	Разность высотных отметок вулканиче- ского нагорья и дна кратера, м
Меерфельд	1200—1480	17	180
Пульфер	700	74	123
Шалькенмерен	500—600	21	121
Вейнфельд (Тотен)	400—500	51	117
Гемюнде	350—400	39	113
Хольц	225—300	21	51

Некоторые из этих мааров *заполнились* и превратились в болота (рис. 27.10). Особенно живописный вид открывается с самолета. За 20 минут вы осмотрите по меньшей мере десяток мааров и увидите, что это кратероподобные воронки; однако в отличие от обычных кратеров они никогда не увенчивали высокую вулкани-



Р и с 27.7. Карта мааров западного Эйфеля. Главная область распространения мааров — полоса северо-западного простираения, перпендикулярная среднедевонским известняковым мульдам и складкам Рейнских Сланцевых гор.

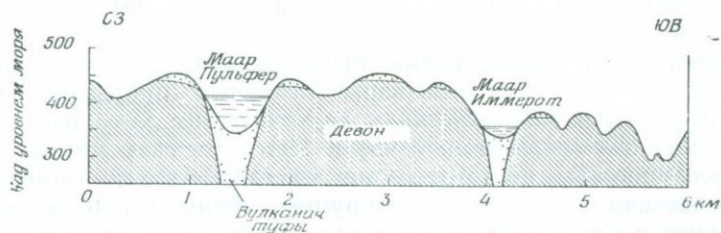
1 — известняковые мульды (поздний средний девон); 2 — пестрый песчаник.

ческую гору и представляют собой впадину в невулканических породах (например, в Эйфеле — в древних девонских сланцах, граувакках и т. д.). Это «отрицательные вулканические формы» в противоположность «положительным» формам, таким, как Везувий, иными словами, это *маленькие, но вполне самостоятельные вулканы*, состоящие лишь из кратера. Правда, в образовании некоторых мааров, например маара Меерфельд, участвовали процессы погружения (а не только вулканические извержения, как в собственно кратерах).

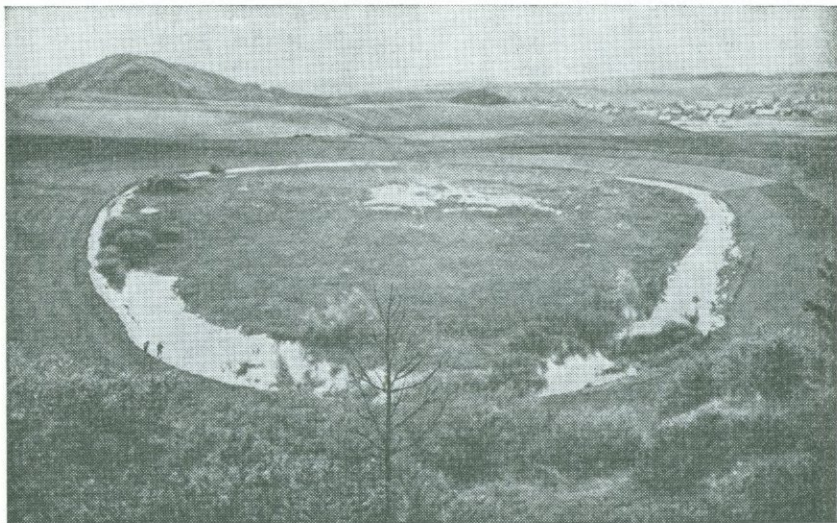
Из эйфельских мааров никогда не изливались лавовые потоки, однако они извергали тонкозернистые базальтовые *туфы*, зачастую перемешанные с обломками невулканических девонских пород; один из мааров — Дрейзер-Вейер (ныне высохший) выбрасывал крупные зеленые оливиновые конкреции, представляющие интерес для минералогов. Правда, объем продуктов извержения значительно уступает объему кратерных воронок (например,



Р и с. 27.8. Маар Пульфер, Эйфель. Извержение произошло, видимо, в 8200 г. до н. э. Вид на юго-восток. Поросший лесом холм справа за мааром — вулкан Рёмерберг, за которым виден небольшой маар Штронер (ср. рис. 27.10!)
Сзади слева маар Иммерат.



Р и с. 27.9. Поперечные разрезы мааров Пульфер и Иммерат. Вертикальный масштаб увеличен в 5 раз.



Р и с. 27.10. Заросший маар Штронер у Рёмерберга (ср. рис. 27.8!). Верховое болото, по краям заросшее осокой, в дождливые периоды заполняется водой. Извержение произошло, вероятно, в 8400 г. до н. э.

в мааре Меерфельд). Со времен Штейнингера образование мааров объясняли прежде всего взрывоподобным выбросом вулканических газов. «Это как бы воронки от взрыва мин», — писал А. Гумбольдт в своем «Космосе». Действительно, отношение диаметра к глубине одинаково у мааров и воронок, образующихся при искусственных взрывах (как и у аналогичных форм на Луне). При этом считалось, что взрывные вулканические газы сначала устремлялись вверх по трещинам, создавая таким образом «вулканические каналы» (называемые также жерловинами, некками и диатремами), которые у поверхности расширяются — в виде воронок взрыва.

Однако в настоящее время предполагают, что образование мааров связано не с одним взрывоподобным прорывом газов, а с *постепенным выталкиванием вулканических газов* из глубин по ослабленным зонам земной коры. При этом газы механически расширяют каналы, по которым они выходят наружу; оторванные породами частички, а также более крупные обломки боковых пород смешиваются с прорывающимся газом и захваченными капельками лавы. «Следовательно, вулканические каналы не открываются внезапно прорывающимися газами... магматические газы путем механического расширения трещин создают себе путь вверх» (Г. Нолль, 1967). В эйфельских и других аналогичных вулканах происходили процессы, подобные некоторым методам, применяемым в химической промышленности, — псевдооживление, или

флюидизация. Газ и взвихренные им тонкие частицы вещества образуют смесь, которая ведет себя как жидкость.

Основываясь на своей теории, Нолль предложил *новое определение маара*.

«Маары — это самостоятельные вулканы воронкообразной или блюдцевидной формы, представляющие собой впадины в любых породах. Они формируются в результате извержения газа или водяных паров, обычно при участии процессов флюидизации, преимущественно в течение одного цикла извержения. Как правило, они окружены покровом рыхлых пород или невысоким валом из продуктов выброса и могут обладать небольшим центральным конусом».

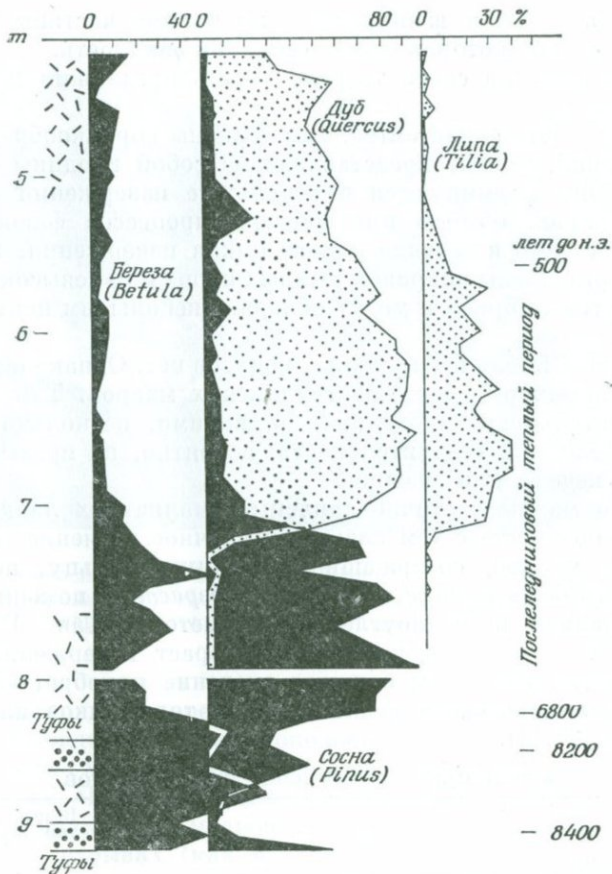
У мааров Эйфеля центральных конусов нет. Однако они наблюдаются, например, у южноавстралийских мааров. Там вулканическая деятельность продолжалась, видимо, несколько дольше, чем в Эйфеле, где ее длительность, вероятно, не превышала нескольких недель или месяцев.

То, что маары частично заилены, умаляет их ландшафтную ценность, но вместе с тем повышает научное значение: торфяные отложения мааров, содержащие цветочную пыльцу, позволяют производить *более точные определения возраста* с помощью пыльцевого анализа и радиоуглеродного метода. Так, Г. Страку и И. Фрехену удалось установить возраст извержений мааров (см. таблицу). При этом большое значение приобретают тонкие прослой вулканического пепла в слоях торфяников или между ними (рис. 27.11).

ВЕРОЯТНЫЙ ВОЗРАСТ ИЗВЕРЖЕНИЙ МААРОВ

	Возраст, тыс. лет
Маары	10
Пульфер, Боос	
Штронер	
Вейнфельд	10,5
Гемюнде	
Шалькенмерен, Мосбрух	
Меерфельд	11
Дюррес, Хольц	12,5

Таким образом, эти маары, а также вулкан Лаахского озера (возраст 11 тыс. лет) с его пемзовыми туфами, развеванными вплоть до Мекленбурга и Боденского озера, являются *самыми молодыми вулканами* на территории ФРГ. Конечно, этот метод определения возраста исходит из того, что торфообразование началось вскоре после возникновения мааров и что прослой пеплов связаны именно с тем, а не другим вулканом. В этой связи недавно (1968 г.) высказывались сомнения П. Юнгерисом и другими, которые предполагают, что пеплы частично происходят из вулкана Лаахского озера.



Р и с. 27.11. Определение времени извержения маара Штронер с помощью пыльцевого анализа.

Профиль слева: торфяники заросшего маара (с двумя прослоями вулканических туфов) (на глубине 4,9 м). На диаграмме показано процентное содержание пыльцы четырех видов. В нижней (более древней) части профиля господствуют береза и сосна (нетребовательные к климату породы, а именно дуб и липа. Средняя часть профиля соответствует «последникового теплого периоду» (кульминация 5500—2500 лет до н. э.). Туфовые прослои (внизу — маар Рёмерберг-Штронер, вверху — маар Пульфер) более древние (около 8400—8300 и 8200—8100 лет до н. э.) и относятся к «молодому тундровому времени».

Тогда все приведенные выше числа характеризуют *минимальный* возраст отдельных мааров: извержения не обязательно были, но *могли быть* древнее, хотя вряд ли намного.

Аналогичные, но значительно более древние и сильнее эродированные вулканические постройки в Швабском Альбе в районе Ураха прежде называли «вулканическими эмбрионами». Но маары представляют собой отнюдь не начальную, а скорее заключительную стадию вулканической деятельности. Глубинная магма уже не была способна создавать большие вулканы.

Самым известным местонахождением базальтов со столбчатой отдельностью является «Мостовая (или Дорога) гигантов» (Giants Causeway). Вдоль побережья по протяжению почти 100 м у Антрима в Северной Ирландии тысячи или десятки тысяч этих столбов образуют местами правильную мозаику. Это именно не «дорога», а скорее *мостовая из базальта*, во время прилива частично затопливаемая морем. Из 100 столбов около 70 шестигранные, и это не случайно, поскольку для того, чтобы расчленить поверхность на шестиугольники, требуется меньшая работа, чем для расчленения ее на квадраты или треугольники. Толщина столбов колеблется от 15 см до полуметра. Большинство из них стоит вертикально (рис. 27.12).

Нам сейчас совершенно ясно, что такая красивая столбчатая отдельность возникла при застывании лавы и сокращении ее в объеме. Однако во времена Гёте правильную мозаику сравнивали с кристаллами, образующимися в водных растворах, усматривая в этом доказательство водного происхождения базальтов.

К тому же в Антриме были сделаны и другие наблюдения, вначале как будто подтверждавшие представления «нептунистов». Поблизости от Портраша на базальтах залегают морские глинистые сланцы и мергели юрского (лейасового) возраста с обильной фауной аммонитов. Раскаленная базальтовая лава, внедрившаяся здесь в лейасовые отложения в виде жил, на контактах превратила сланцы в темную кремнистую породу, которую первые исследователи также приняли за базальт. Ну а поскольку в этом «базальте» находят морские раковины, то как же можно сомне-



Р и с 27.12. Правильная мозаика базальтовых колонн Мостовой гигантов.

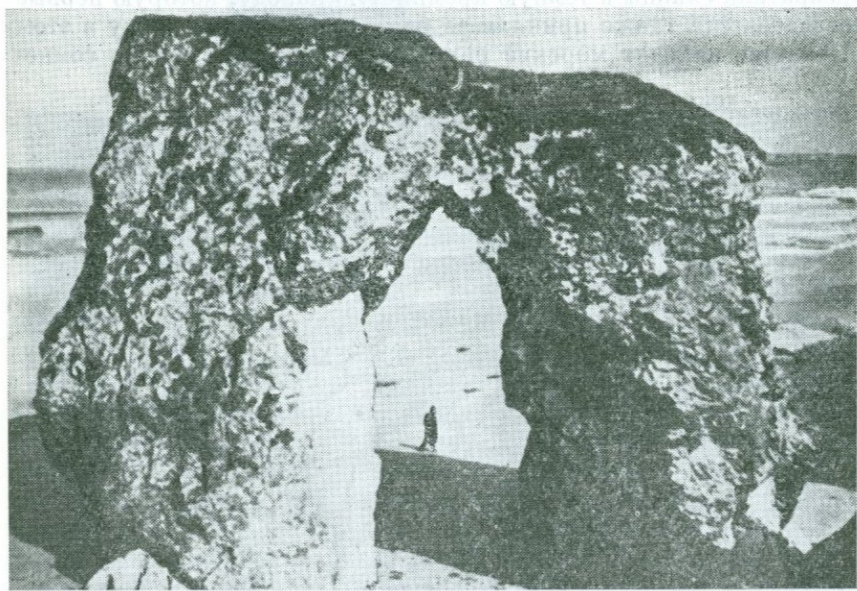


Р и с. 27.13. Схематический стратиграфический разрез прибрежной части Антрима к востоку от Портруши. На уровне моря в Портруше залегают контактово-метаморфические породы лейаса с пластовой интрузией долеритов; восточнее, у замка Данльюз, — меловые мергели с «арками прибой» и, наконец, третичные базальты. Колоннады «средних базальтов» занимают впадину у Мостовой гигантов в «нижних базальтах». Их разделяет горизонт красной коры выветривания. «Верхние базальты» в прибрежном разрезе отсутствуют.

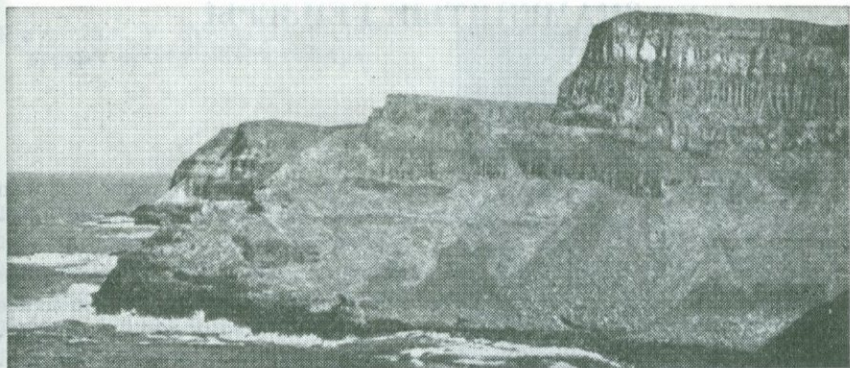
1 — контактово-метаморфические породы лейаса; 2 — верхний мел; 3 — нижние базальты; 4 — кора выветривания; 5 — средние базальты; 6 — пластовая интрузия долеритов.

ваться в водном его происхождении. И только позже научились отличать базальты от базальтоподобных, измененных «контактовым метаморфизмом» осадочных отложений лейаса.

Несколько западнее Мостовой гигантов можно увидеть, что черные базальтовые лавы залегают на снежно-белых меловых пластах (рис. 27.13). Эти пласты с линзами конкреций кремня представляют собой морские отложения позднемелового возраста, о чем свидетельствуют многочисленные находки белемнитов.



Р и с. 27.14. Арка прибой в белых меловых отложениях.



Р и с. 27.15. В крутом береговом обрыве у Мостовой гигантов залегают один на другом несколько базальтовых потоков с вертикальной столбчатой отдельностью. От «нижних базальтов» со значительно менее выраженной столбчатостью их отделяет горизонт коры выветривания.

Морской прибой выработал в этих отложениях живописные бухты, пещеры, арки (рис. 27.14).

Лавовые потоки, образующие ныне Мостовую гигантов, несомненно, моложе мела, поскольку они перекрывают меловые отложения (рис. 27.15). Базальты относятся к *третичному времени* (вероятно, к миоцену), и возраст их, следовательно, несколько десятков миллионов лет. Это непосредственно подтверждается находками ископаемой флоры в глинистых прослоях, заключенных между отдельными покровами лав. Глинистые прослой имеют красный цвет — следствие достаточно теплого субтропического климата в третичное время. Толща красноцветных пород мощностью несколько метров резко выделяется в крутом береговом обрыве на протяжении многих километров. Эта толща свидетельствует о том, что «нижние» базальты превратились в процессе выветривания в латерит, на котором развилась пышная растительность (секвойя, сосна и т. д.), прежде чем после долгого перерыва все было погребено под более молодыми («средними») базальтами. Базальты Мостовой гигантов намного древнее «шюи» Оверни и мааров Эйфеля, возраст которых с геологической точки зрения совсем юный. Стало быть, не удивительно, что базальтовые столбы Антрима являются последним остатком несомненно более обширной вулканической области; большая часть ее уже давно снесена, и вулканические центры сохранились лишь местами. Базальты, весьма напоминающие североирландские, известны также на Фарерских островах, на востоке и северо-западе Исландии, в Гренландии. Весьма сомнительно, что некогда эти базальты слагали единое гигантское базальтовое плато, и все же их объединяют под общим названием «базальтовой провинции Туле».

ЗНАМЕНИТЫЕ ГЕЙЗЕРЫ

Гейзерами называют горячие источники. Они встречаются редко и только в вулканических районах, где грунтовые воды нагреваются до точки кипения. Гейзеры, как и выходы горячего пара (фумаролы) — явления «поствулканические», то есть процессы, которые могут продолжаться долго после того, как вулкан (временно или окончательно) потухнет. Наименование «гейзер» происходит из Исландии. Однако самые известные гейзеры находятся в Йеллоустонском национальном парке США, где много и других геологических памятников. На примере гейзеров Новой Зеландии можно познакомиться с техническим использованием земного тепла в таких «геотермальных районах».

28. Большой Гейзер (Исландия)

(Местоположение см. рис. 25.1)

Именно по Большому Гейзеру получили свое название все остальные гейзеры мира (после того как его детально исследовал и описал известный немецкий химик Р. Бунзен, в то время профессор Марбургского университета, посетивший Исландию в 1846 г.; рис. 28.1).

Старые документы рассказывают нам о трудностях путешествия по Исландии много лет назад. Бунзен писал 3 ноября 1846 г. своему шведскому коллеге Берцелиусу об этой стране, где «часто даже железная воля бывает сломлена разбушевавшимися силами природы».

А ныне? Комфортабельный рейкьявикский автобус через несколько часов доставит вас к цели. По пути вы осмотрите Хвергерди с его многочисленными горячими источниками и современными теплицами (рис. 28.2) и небольшой, заполненный водой кратер взрыва Керид. Вдали виднеются голубой силуэт Геклы и ледники Лаунгиёкудль. Затем, на довольно однообразной в общем равнине появляются небольшие облака белого пара (рис. 28.3) — мы подъезжаем к гейзеру и окружающим его другим многочисленным горячим источникам и фумаролам. На площади менее 0,5 км² находятся более 40 таких выходов горячей воды (всего в Исландии свыше 600 горячих источников!).

Небольшая гора Лаугарфьёдль возвышается недалеко от них над равниной на 60—70 м. Она сложена липаритами, тогда как виднеющиеся вдали высокие вершины состоят из базальтовых лав, туфов и палагонита. В районах развития фумарол отнюдь не легко найти настоящие «коренные» породы, потому что под действием горячих паров они зачастую полностью превратились



в глину всевозможных оттенков — красную, желтую, зеленоватую, серую. Еще Р. Бунзен справедливо заметил: «Если геолог станет проводить исследования в этом районе через тысячи лет, когда последние следы ныне действующих фумарол исчезнут и глинистые образования под действием кремнекислоты превратятся в мергелистые породы, он может подумать, что имеет дело с осадками морского происхождения».

Мы пройдем мимо также широко известного горячего источника Строккур («маслобойка») к *Большому Гейзеру*. Это огромный круглый бассейн поперечником 14 м, почти доверху заполненный испаряющейся водой красивого голубого цвета; бассейн находится в углублении на совершенно плоском конусе, возвышающемся над равниной всего на несколько метров. Продолжением бассейна на глубине служит вертикальная шахта, которую сейчас, конечно,

не видно. С течением времени гейзер сам построил себе конусовидный холм из светлой опаловой породы — *гейзерита*, образовавшегося в результате выпадения кремнезема из воды. Сразу бросается в глаза, насколько тонкослоиста, почти листовата эта порода. Маленький ручей прорвал в одном месте вал конуса, что позволяет



Р и с. 28.2. Бананы в одном из исландских парников. Горячие источники используются в Исландии для обогрева жилищ (прежде всего в Рейкьявике) и парников.



Р и с. 28.3. Вид с запада на однообразный ландшафт Долины гейзеров. В центре липаритовая гора Лаугарфьедль, за ней непосредственно у ее подножия находится Большой Гейзер. Севернее видна церквушка Хаукдадь, а вдали ледниковая река Хвитау («Белая река») с самым живописным водопадом Исландии Гульфосс.

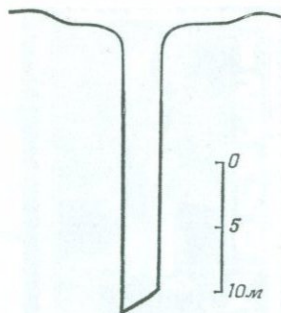
рассмотреть его слоистое строение. Нередко встречаются включения остатков окаменелых растений (стебли травы, листья березы); в 30 см от поверхности обнажается 25-сантиметровый слой желтоватого вулканического пепла, выброшенного при одном из извержений Геклы.

С. Тораринссону мы обязаны детальными и интересными исследованиями геохронологии этих слоев. Согласно его данным, желтый пепел из Геклы имеет возраст 2500 лет. Возраст всего конуса, очевидно, 10 тыс. лет. Но вначале гейзер был, видимо, обычным нефонтанирующим горячим источником. Его извержения начались, насколько это известно из исторических документов, только в 1294 г. во время большого землетрясения.

Присоединимся теперь к людям, стоящим или сидящим в ожидании у края бассейна гейзера. Почва под ногами приятно теплая, а ветер, дующий с равнины, довольно свежий. Может быть, здесь сидел и Бунзен, производя измерения этого загадочного бассейна с помощью лота и термометра (рис. 28.4). Он установил, что глубина центральной шахты 22 м и что незадолго до извержения в шахте наблюдаются такие изменения температуры с глубиной:

Глубина, м	Температура, °C
2,05	85,2
7,25	106,4
12,15	120,4
15,0	123,0
22,0	127,5

Стало быть, с глубиной температура значительно повышается, и Бунзен дал следующее объяснение механизма гейзера: вода



внизу нагревается вулканическим теплом. При этом точка кипения на глубине превышает 100° из-за давления вышележащего столба воды (давление повышает температуру кипения!). Поднимающиеся газовые пузырьки «подбрасывают» воду, понижая давление, что приводит к внезапному закипанию ее и извержению. Этот процесс легко воспроизвести экспериментально. И все же в теории Бунзена есть слабые места, поэтому были предложены и другие объяснения механизма гейзера, в частности, исландцем Т. Торкельссоном и норвежцем Т. Бартом. Большую роль, видимо, играют подземные полости и каналы, примыкающие к центральной шахте (см. разрез бассейна гейзера в Йеллоустонском национальном парке, рис. 29.2!).

Гейзер — достопримечательность для иностранцев, но Большой Гейзер — очень «ненадежный парень». Эта черта роднит его с большинством других (немногочисленных) гейзеров. Он фонтанирует иногда до высоты 60 м, но очень неохотно, в зависимости от настроения, иногда часто, иногда долгое время вообще бездействует. Во времена Бунзена извержения происходили через 1—30 часов, в 1860 г. — через 80—100, в 1872 г. — через 6, в 1896—1897 г. — через 1—12 часов, а в 1898—1907 г. — один раз за несколько недель. В 1915 г. его деятельность совершенно прекратилась; из состояния покоя гейзер был выведен только землетрясением 1935 г. Сейчас он почти мертв. Поэтому уже давно предпринимаются попытки искусственно вызывать извержения гейзеров, например, бросая в них куски дерна или камни. Об этом подробно сообщается в старинных путеводителях. Затем было обнаружено, что для этих целей годится *мыло*. И сейчас каждое воскресенье это испытанное средство удачно (или неудачно) применяется на том или ином гейзере. Задавая вопрос физикам, на чем, собственно, основано действие мыла, получаешь самые противоречивые ответы. Возможно, играет роль поверхностное натяжение воды. Так или иначе, но прежде всего повышается наше собственное напряжение¹.

¹ Игра слов: немецкое слово «Spannung» означает как «натяжение», так и «напряжение». — Прим. перев.



Однако с Большим Гейзером ничего не происходит. Равнодушно испаряется голубая вода, все спокойно, постепенно растет только раздражение людей. И один за другим они покидают это непослушное знаменитое место; последним уходит расстроенный геолог.

Нам тоже не остается ничего другого, как разглядывать дивные исландские почтовые марки (рис. 28.5) или читать описание, сделанное в 1846 г. С. Вальтерсхаузенем: «Из глубины доносится сильный грохот; вода в бассейне прибывает, поднимаются высокие волны, вода бурлит; в середине вздуваются огромные пузыри пара, и через несколько мгновений бьет вверх струя воды, превращаясь в воздухе в ослепительно белую тонкую пыль. Не успел фонтан достичь высоты 80—100 футов, мелкие жемчужинки воды еще не ринулись вниз, как за первой струей взмываются вторая и третья, пытаясь подняться выше первой. Большие и маленькие струи воды бьют во всех направлениях, одни в стороны, по дуге, другие — вертикально вверх со свистящим шипением, как ракеты фейерверка. Чудовищные облака пара обволакивают все кругом. Вот еще один толчок, глухой удар из глубины, вслед за которым взлетает высокий столб воды, иногда с мелкими обломками породы. Несколько минут столб стоит, а затем внезапно обрывается, как обрывается с наступлением утра фантастический сон. Плотная пелена пара еще не развеяна ветром, кипящая вода еще стекает по склонам конуса, но недавно полный воды бассейн уже сухой, лишь серые шарики туфа на дне сверкают, покрытые капельками подземной влаги. Вода же в подводящем канале, в двух метрах ниже его края, спокойна, как в обычном колодце».

Альпийский геолог Г. Винклер заканчивает свое описание извержения Большого Гейзера в 1858 г. следующими словами: «Каждому хотелось бы захватить на память кусочек этой удивительной породы; мой надежный помощник геологический молоток помог мне отбить образец гейзерита (рис. 28.6), чтобы увезти этот редкий сувенир домой, в далекие Альпы».



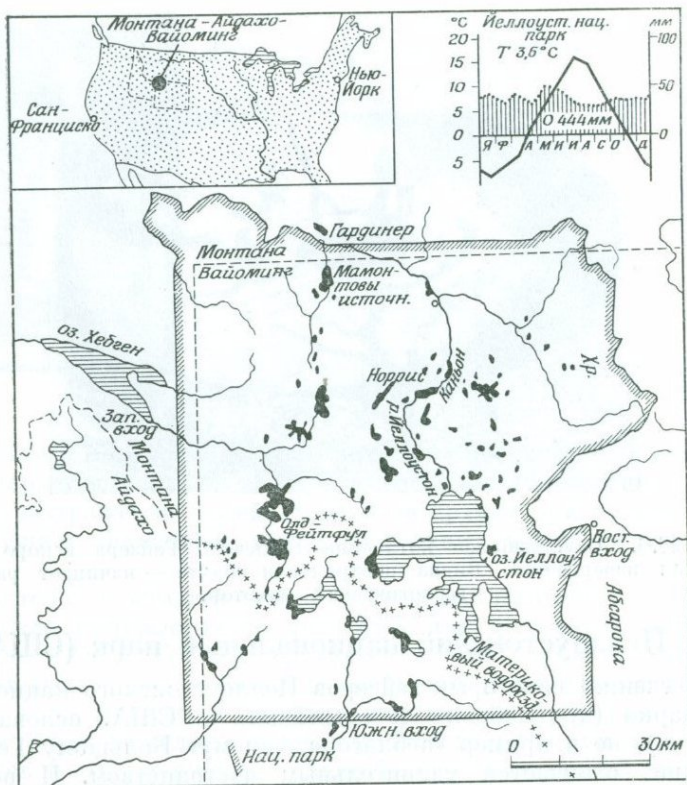
Р и с. 28.6. Осушившаяся котловина Большого Гейзера вскоре после окончания извержения. Видна центральная шахта — начинает работать геологический молоток.

29. Йеллоустонский национальный парк (США)

«Поведение» некоторых гейзеров Йеллоустонского национального парка (крупнейшего и старейшего в США, основанного в 1872 г.), не в пример «неблагонадежному» Большому Гейзеру Исландии, отличается удивительным постоянством. И вообще это самое большое на земле скопление гейзеров и горячих источников, одна из самых значительных геотермальных областей (рисунок 29.1). Однако этим «чудея природы» парка не исчерпываются: достопримечательностями являются и его водопады, и его почти прирученные дикие животные, и его ландшафты (лесистая горная местность, зимой покрытая глубоким снегом), и расположенное на высоте 2357 м Йеллоустонское озеро.

Попытки исследования территории современного парка начались в 1869 г. Одним из первых исследователей был Ф. Хайден, сначала врач, а затем профессор геологии Пенсильванского университета. Ныне на огромной территории парка (100 × 100 км) проложены автомобильные дороги, построены отели и музеи. Большая часть парка расположена в штате Вайоминг, меньшая — в штатах Монтана и Айдахо. «Йеллоустон легко найти, но нелегко покинуть» — это может подтвердить любой посетитель парка (а их за год бывает больше 2 млн.!).

Как и в других районах земного шара, гейзеры в Йеллоустонском парке связаны с деятельностью вулканов, правда давно потухших. Они относятся к *послевулканическим явлениям* и приурочены к зонам, ныне погребенным под лавовыми потоками (которые занимают больше половины территории парка). Базаль-



Р и с. 29.1. Схематическая карта и климатодиаграмма Йеллоустонского национального парка с его многочисленными горячими источниками (показаны черными).

ты встречаются здесь редко; наиболее широко распространены светлоокрашенные *риолиты*, минеральный состав которых сходен с составом гранита, но, поскольку это эффузивные (излившиеся) породы, они характеризуются более плотной структурой. В настоящее время, правда, некоторые риолиты рассматриваются не как застывшая лава, а — по аналогии с такими же породами Новой Зеландии³³ — как спекшиеся туфы (игнимбриты), то есть отложения из горячих пепловых облаков. Распространен и черный обсидиан (вулканическое стекло), по химическому составу также соответствующий риолитам. Нередко встречаются вулканические брекчии — образующиеся при взрывном извержении угловатые обломки лавы, сцементированные в твердую породу. Их общая мощность более 2000 м. Как правило, они древнее риолитовых лав.

Местами брекчии заключают многочисленные окаменевшие стволы деревьев; иногда это пни, сохранившие вертикальное положение. Видимо, лес был засыпан горячим риолитовым пеплом и древесина пропиталась кремнекислотой, которая и законсерви-

ровала ее. В одном месте обнажаются не менее 20 слоев таких погребенных деревьев. Следовательно, процесс повторялся 20 раз (причем, следует учитывать, что каждый раз требовались десятилетия для того, чтобы лес вырос снова).

Все вулканические породы относятся к *третичному периоду*, то есть возраст их около 15 млн. лет. Этим же временем датируется и образование горячих источников. До наших дней глубинные расплавы непрерывно отдают так много тепла, особенно по глубоким трещинам, что грунтовые воды нагреваются до температуры кипения. *Глубина магматического очага* незначительна, возможно, меньше 2 км. Во всяком случае, повышение температуры с глубиной необыкновенно велико — 20° на 30 м, что соответствует «геотермической ступени» 1,5 м (известно, что обычно она равна 33 м!).

Отметим еще, что, кроме этих третичных вулканических пород и молодых ледниковых отложений, в парке встречаются и более древние образования: докембрийские кристаллические сланцы, палеозойские известняки, глинистые сланцы и песчаники мелового возраста (иногда с костями ящеров и прослоями углей).

Гейзеры

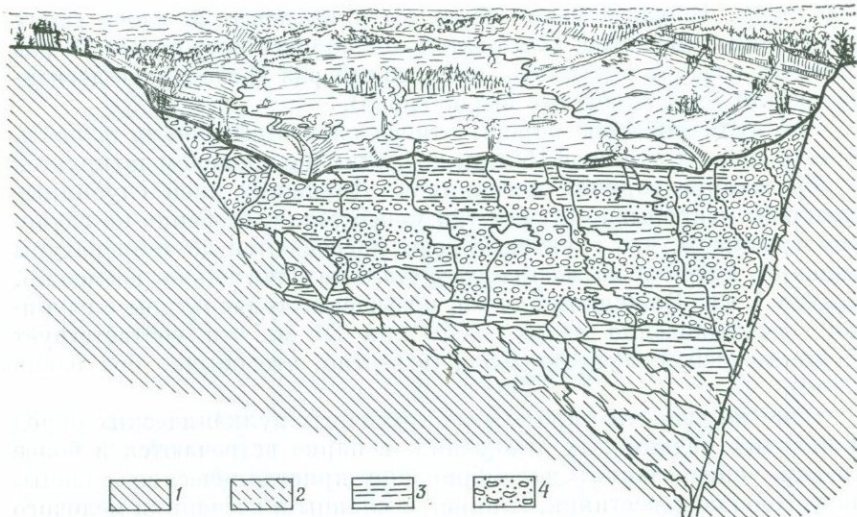
Горячие (термальные) источники, гейзеры и фумаролы встречаются обычно группами во многих местах Йеллоустонского парка. Горячие воды — иногда сульфатные, но чаще щелочные — отлагают гейзерит или травертин. Повсюду можно найти маленькие грязевые вулканы.

В классическом описании Йеллоустонского парка Э. Аллена и А. Дэй (1935 г.) сообщается о *200 гейзерах*, из которых, правда, только 60 фонтанируют на высоту более чем 3 м. Гейзеры находятся в четко выраженных в рельефе впадинах (бассейнах), имеющих собственные названия: Верхний бассейн, Нижний бассейн, Норрис и др. К такого рода впадине приурочены и Мамонтовы горячие источники (в этой впадине есть только источники, но нет гейзеров).

Обычно такую впадину пересекает небольшой ручей, по которому стекает и горячая вода гейзеров. Обрамлены бассейны скалистыми утесами, сложенными риолитами и риолитовыми туфами. Ровное дно впадин покрыто тонкослойным гейзеритом.

Видимо, можно предположить, что *горячие воды сами создали* эти бассейны. Под действием воды породы в основании *разрушались*, а ручей выносил продукты разрушения (рис. 29.2). Так, например, только в одну из рек — Файерхол — гейзеры и другие горячие источники ежедневно приносят 68 т минеральных веществ; для всего Йеллоустонского парка эта цифра, по данным Аллена и Дэй, составляет 390 т! Понятно, что впадины постепенно углублялись и могли бы быть еще глубже, если бы они не пополнились рыхлыми ледниковыми отложениями.

Несколько крупных гейзеров (Гранд, Джайант, Сплендид, Олд-Фейтфул), расположенных в бассейне Верхнего Гейзера,



Р и с. 29.2. Поперечный разрез верхней котловины гейзеров. Впадина образовалась в результате разрушения риолитов горячими парами. Котловина заполнена чередующимися слоями гейзерита и морены ледникового времени. Деятельность гейзеров связана с небольшими полостями в толще риолитов и морены.

1 — риолиты; 2 — разложившиеся риолиты; 3 — гейзерит; 4 — морена.

фонтанируют на высоту более 30 м. Характер деятельности их различен. Самый большой из гейзеров Йеллоустонского парка — Эксельсиор (деятельность его прекратилась в 1888 г.) — фонтанировал до 100 м в высоту в течение до 15 минут. Напомним, что самый большой в мире гейзер Ваймангу, Новая Зеландия, действовавший в 1900—1904 гг., фонтанировал на высоту 450 м.

Бассейн гейзера Норрис (с собственным небольшим музеем) расположен, как предполагают, над эродированным, почти угасшим вулканом; горячие пары его поднимаются по тем же подводным каналам, по которым некогда изливались риолитовые лавы. Некоторые из выходов пара отличаются особенно высокой температурой (до 138°). В одной из скважин на глубине 90 м была замерена температура 250° (пар находился там под большим давлением, поэтому не удивительно, что с кипящей водой вылетали песок и камни).

Вода многих горячих источников имеет температуру выше точки кипения, следовательно, перегрета (в Йеллоустонском парке из-за значительной высоты местности точка кипения воды источников ниже 100°, а именно 92—93°).

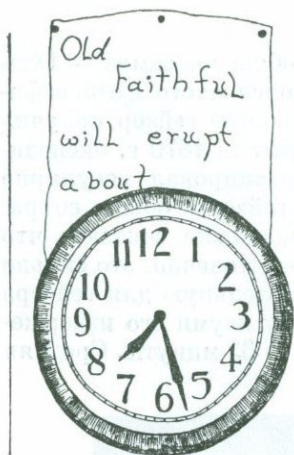
Наконец, следует отметить, что сложенные из осадка горячих вод и паров (гейзерита) конусы весьма различны по форме. Один из гейзеров, Моньюмент, например, заканчивается трубкой высотой 2,5 м.

Олд-Фейтфул

Самый известный гейзер в парке и вообще на земле — Олд-Фейтфул («Старый служака»). Это — «наиболее часто фотографируемое чудо природы» (рис. 29.3). Свое название гейзер получил уже через два дня после того, как был открыт (в 1870 г. экспедицией генерала Уошберна), за то, что фонтанировал регулярно почти через каждый час; это свое свойство гейзер в общем сохранил и поныне. Некоторые посетители парка даже считают, что по «Старому служаке» можно проверять часы. Конечно, это сильно преувеличено, но все же он проявляет удивительную для гейзера точность. Самый длительный интервал между двумя его извержениями составлял 95 минут, самый короткий — 33 минуты. Средняя



Р и с. 29.3. Извержение гейзера Олд-Фейтфул. Высота фонтана горячей воды 30—40 м. Плоский конус состоит из гейзерита.



Р и с. 29.4. Эти «часы» показывают туристам время следующего извержения «Старого служаки» — гейзера Олд-Фейтфул: 7 часов 28 минут.

продолжительность этого интервала для 2605 следовавших одно за другим извержений (1949—1950 гг.) составила 63 минуты. За год Олд-Фейтфул фонтанирует 8 тыс. раз; за сто лет, прошедших со времени его открытия (с 1870 по 1969 г.), он, видимо, фонтанировал более 800 тыс. раз.

Продолжительность отдельного извержения различна, в среднем 2—5 минут. В 1938 г. было установлено, что длительность интервалов между извержениями зависит от продолжительности фонтанирования, что дало возможность значительно точнее определять время следующего извержения. Теперь туристы узнают о времени предстоящего извержения по «часам» (рис. 29.4).

Извержение начинается с того, что вода несколько раз переливается через край котловины гейзера. Иногда сразу же, а иногда только через 20 минут после этого начинается собственно извержение: кипящая вода бурлит все выше и выше, пока, наконец, не устремляется в небо, подобно ракете. Примерно 20 секунд струя бьет на максимальную высоту, затем столб воды скачками опадает. Зимой в холодную погоду образуется мощное облако пара.

Струя горячей воды гейзера Олд-Фейтфул фонтанирует на высоту 30—45, а иногда даже 55 м. Эта величина в общем остается довольно постоянной вот уже несколько десятилетий.

В середине бассейна гейзера есть отверстие размером $2,3 \times 1,6$ м; главный подводящий канал прослеживается на глубину около 25 м. Бассейн расположен на пологом высотой несколько метров конусе из серо-белого гейзерита. Высказано предположение, что этот конус построен не современным гейзером, а какими-то более древними неизвергавшимися горячими источниками и что возраст гейзера Олд-Фейтфул не превышает 200—300 лет. Стало быть, геологи вряд ли назвали бы его «старым» служакой — он для этого слишком молод.

Интересной была реакция гейзера Олд-Фейтфул на сильное землетрясение 17 августа 1959 г., зарегистрированное даже в Бенсберге под Кельном, т. е. за 8 тыс. км. Очаг располагался у озера Хебген, непосредственно западнее Йеллоустонского парка, в 50 км от гейзера Олд-Фейтфул (гостиница близ него была немного повреждена). Однако сам гейзер почти не реагировал на землетрясение, только через несколько недель увеличился средний

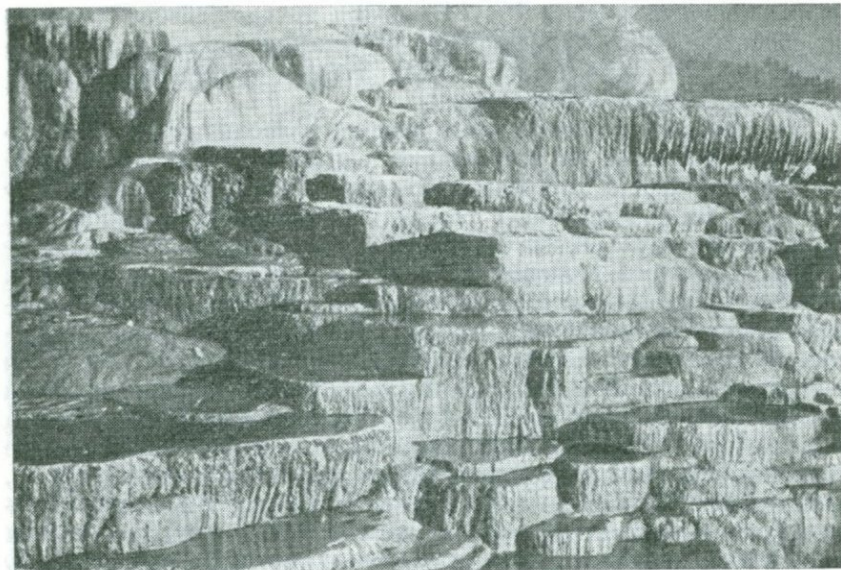
период его извержений. В то же время другие гейзеры усилили активность и фонтанировали чаще. В одном из бассейнов во время землетрясения образовался новый гейзер, который, впрочем, вскоре прекратил фонтанировать.

Деятельность гейзеров этого района позволила узнать много нового о механизме их извержений, однако до конца вопрос еще не изучен. Главная причина деятельности гейзеров, как мы уже показали, была выявлена в результате детальных исследований, проведенных в Исландии Р. Бунзеном (его именем назван сложный светлыми вулканическими продуктами — дацитами пик Бунзена у Мамонтовых горячих источников); но существуют, видимо, и другие причины. Одной из них может быть наличие *разветвленной системы подземных полостей* с маленькими и большими камерами — дополнительными поставщиками воды, ибо из одной только главной шахты не может поступать такая огромная масса воды, которую гейзер выбрасывает во время извержения. И вообще очевидно, что основные процессы, приводящие к извержению, происходят отнюдь не в видимом главном канале, а в его недоступных для наблюдения ответвлениях. О существовании огромных резервуаров свидетельствует и значительная продолжительность некоторых извержений. Так, например, гейзер Грейт-Фаунтен фонтанирует 1—1³/₄ часа, а гейзер Импириал (в 1928—1929 гг.) — даже 1—5 часов. То же самое можно сказать и о других гейзерах Йеллоустонского парка и Новой Зеландии.

Мамонтовы горячие источники

Расположенные у северного входа в парк *Мамонтовы горячие источники* («Маммот-Хот-Спрингс») по ландшафту и геологическим особенностям не похожи на другие горячие источники. Гейзеров и отложений гейзерита здесь нет. Зато горячие воды, стекающие по склонам или выходящие на поверхность в виде источников, отлагают большие количества травертина, или *известкового туфа* (рис. 29.5). Травертин толстой корой покрывает всю местность, однако особенно красивы похожие на мраморные террасообразные уступы склонов, местами напоминающие ледяные каскады. На отдельных уступах находятся мелкие котловины; горячая вода, переливаясь через край котловины, отлагает травертин, иногда образуя сталактиты, в результате чего уступ выдвигается все дальше и дальше. Над локальными выходами вод могут образоваться удлиненные конусовидные или трубкообразные известковые холмы; высота одного из них — Либерти-Кэп («Шапка свободы») — 15 м (рис. 29.6).

Живописность причудливого пейзажа подчеркивается *игрой красок* травертина. Обычно он снежно-белый, слепящий на солнце, но соединения железа или водоросли придают ему желтую, буроватую, красноватую и зеленую окраску. Яркая голубизна испа-



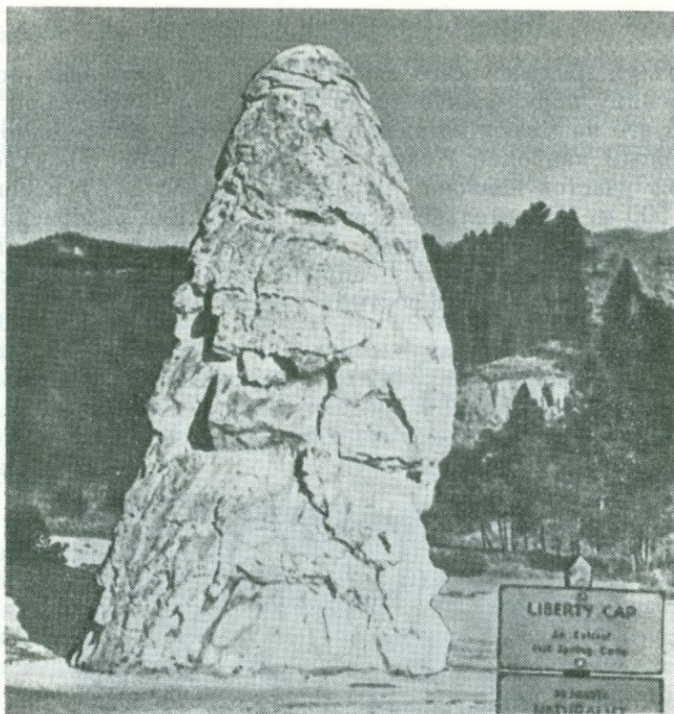
Р и с. 29.5. Террасы из известкового туфа у Мамонтовых горячих источников.

ряющей воды резко контрастирует с мраморными побежалостями травертина.

Температура воды здесь редко достигает 70° ; обычно она остается ниже 65° (этим и объясняется отсутствие гейзеров). Высокое содержание в воде извести обусловлено, видимо, наличием на глубине известняков. Травертин отлагается и в настоящее время; в некоторых местах он, несомненно, моложе последнего оледенения, однако на одной из террас он явно древнее, поскольку перекрыт мореной.

Такие же известные травертиновые террасы мы встречаем восточнее Смирны и в провинции Константина (Алжир). Особенно впечатляющие из такого рода террас на острове Северный (Новая Зеландия) были описаны более ста лет назад немецким геологом Ф. Хохштеттером в районе действующих вулканов. Во время извержения вулкана Таравера 10 июня 1886 г. они были полностью разрушены. В окрестностях Тиволи (прежнее название — Тибур, отсюда — травертин) под Римом травертины не играют большой роли в ландшафте, но они служат весьма ценным строительным камнем. Многие архитектурные сооружения Рима (Колизей и другие) выполнены из травертина.

Можно приблизительно подсчитать, какое количество тепла отдает в секунду геотермальная область, и сопоставить данные по Йеллоустонскому парку и другим областям.



Р и с. 29.6. Либерти-Кэп («Шляпка свободы») — якобинская шляпочка времен Французской революции! — конус из известкового туфа высотой 15 м над одним из иссякших горячих источников (Мамонтовы горячие источники).

Геотермальная область	Площадь, км ²	Максимальная температура, °С		Общий тепловой поток, 10 ⁶ кал/с
		на поверхности	в скважинах	
Бассейн Верхнего гейзера	10	—	180	90
Мамонтовы горячие источники	8	73	—	34
Йеллоустонский парк в целом	9000	138	205	500
Намафьядль, Исландия	2,5	—	—	25—125
Исландия в целом	—	—	—	630—1000
Уайракей, Новая Зеландия	7	—	266	100—150

Эти цифры дают представление о значении геотермальной области Йеллоустонского парка.

Каньон Йеллоустон и водопады

Пожалуй, больше всего запоминается на экскурсии по Йеллоустонскому парку каньон реки Йеллоустон — «Большой Каньон», как его называют по аналогии с, конечно, несравнимо более грандиозным каньоном Колорадо. Особенно много экскурсантов посещают участок каньона — ущелье глубиной 250 м и шириной у края 500 м. Удивительнее всего здесь пестрая раскраска склонов: белые, желтые, оранжевые, красные и розовые тона на фоне зелени соснового леса (*Pinus contorta*); два мощных белых водопада образуют не менее эффектный задний план.



Р и с. 29.7. «Большой водопад» высотой более 90 м в начале каньона реки Йеллоустон. Кромку водопада образуют твердые, невыветрелые риолиты, ниже залегают выветрелые, мягкие риолиты.

Река Йеллоустон врезалась здесь в риолиты, полностью выветрелые и превратившиеся в мягкие глины (результат воздействия горячих вод и паров). Итак, мы находимся в обширной гидротермальной области Йеллоустонского парка; однако от горячих источников уже не осталось ничего, кроме разложенных ими пород. Из-за желтоватой окраски этих отложений река и получила свое название Йеллоустон («Желтый камень»).

Несколько выше по течению, за пределами зоны выветрелых пород, находятся два высоких красивых водопада: Нижний, или Большой (94 м), и Верхний Йеллоустонский (33 м). Большой водопад образовался там, где мягкие, выветрелые породы граничат с твердыми массивными риолитами (граница между ними почти вертикальная). В выветрелых рыхлых породах река легко врезалась все глубже и глубже, чего ей не удалось в плотных породах — отсюда резкий перелом в продольном профиле с большим водопадом.

Животный мир

Большую часть Йеллоустонского парка занимают хвойные леса, в которых преобладает (80%) сосна (*Pinus contorta*). В этих горных лесах нашли убежище многие животные, в других районах близкие к вымиранию, а здесь хорошо размножающиеся. Они то и привлекают множество туристов. И геолог с удовольствием полюбуется на черных медведей (*Ursus americanus*, барibal), правда, не всегда черных, которые спокойно подходят к автомобилям, часто в сопровождении своих уморительных детенышей. Нередко их можно увидеть и на деревьях, но чаще всего на бесчисленных открытках. Не рекомендуем нарушать строжайший запрет гладить или кормить их! Реже можно наблюдать гризли (*Ursus horribilis*), близкого родственника нашего бурого медведя. Встретите вы здесь и бизона (*Bison bison*), а также вапити (*Cervus canadensis*) — американского представителя нашего благородного оленя (неправильно называемого американцами «элк») и настоящего лося (*Alces americana*; в Америке его называют «муз»). Все это животные, с ископаемыми представителями которых геолог, изучающий эпоху оледенения, часто имеет дело, но которых на воле он нигде в другом месте не увидит.

30. Роторуа (Новая Зеландия)

(Местоположение см. рис. 16.1)

Ландшафт Новой Зеландии не представляется европейцу особенно чуждым: холмистые, местами напоминающие парки, зеленые луга с пасущимися овцами и коровами. В садах в октябре дивно цветут камелии. Кое-где встречаются одиночные пальмы (правда, большей частью не местного происхождения). Первичная растительность нередко вытеснена завезенными растениями. Исключе-

ние составляют живописные высотой до 10 м действительно эндемичные древовидные папоротники, иногда образующие вместе с другими деревьями настоящие леса, чему способствует влажный умеренно теплый климат.

Роторуа — центр новозеландского туризма — приветливый ухоженный городок, живописно раскинувшийся на берегу озера, заполнившего кальдеру диаметром 16 км. Во многом он похож на курортные города Кёнигсвинтер, Торкуай, Виши или Сочи. Весьма своеобразен лишь окружающий его вулканический пейзаж. Уже в самом Окленде, «городе вулканов», и в его окрестностях вы заметите небольшие шлаковые конусы с хорошо сохранившимися кратерами. Все эти конусы сравнительно молодые. Самому молодому (и самому большому) вулкану Рангитото, лежащему на другой стороне порта, менее 800 лет. Все они потухли или по крайней мере делают вид, что потухли. Иначе обстоит дело в центральной части острова Северный. Недалеко от Роторуа в 1886 г. произошло сильное взрывное извержение вулкана *Таравера*; в описании Йеллоустонского парка уже говорилось о том, что именно тогда были разрушены прекрасные травертиновые террасы и прекратилась деятельность гигантского гейзера Ваймангу. Пятикилометровая вулканическая трещина в 1886 г. рассекла вершину покрытого пеплами вулкана Таравера (1100 м). С тех пор настоящих вулканических извержений здесь не было — иногда только происходили случайные внезапные выбросы горячего, находящегося под большим давлением пара. Недалеко от вулкана Таравера на месте такого выброса образовалось озеро Ротомахана.

Несколько дальше, южнее крупнейшего в Новой Зеландии озера Таупо в *национальном парке Тонгариро* расположились в ряд три периодически действующих вулкана: Тонгариро, Нгаурухоэ и Руапеху. Из всех трех изливается андезитовая лава. Вулкан Нгаурухоэ — самый молодой и самый активный (60 извержений за последние 100 лет); он особенно красив и по форме напоминает японский вулкан Фудзияму (или, как заявляют самоуверенные новозеландцы, Фудзияма немного похож на Нгаурухоэ). Самый высокий из трех — вулкан Руапеху (2797 м) — приобрел печальную известность: в декабре 1953 г. вода из озера в его кратере внезапно прорвалась, и возникший при этом грязевой поток разрушил железнодорожный мост на участке Веллингтон — Окленд за 10 минут до прохождения скорого пассажирского поезда. В катастрофе погибло 150 человек.

В глубоких дорожных выемках здесь можно наблюдать всю последовательность извержений: один туфовый слой залегает на другом, встречаются и прослой *белой пемзы*. Очень часто они содержат включения черного древесного угля — свидетельство того, что пеплы погребли под собой многочисленные деревья. Климат тогда был, очевидно, такой же влажный и благоприятствовал развитию лесной растительности. С помощью радиоуглеродного

метода установлен возраст древесного угля и тем самым — туфовых слоев. Вулканологи всегда могут сказать, сколько тысяч лет тому или иному слою. Последние извержения пемзы на озере Таупо произошли 1800 лет назад. Продукты этого извержения на длительное время запрудили реку, вытекавшую из озера, и уровень воды в нем поднялся на 30 м. Позже первоначальный сток восстановился.

Следует сказать несколько слов о развитых здесь и поначалу казавшихся столь загадочными светлых риолитовых породах. В 1935 г. проф. П. Маршалл доказал, что они произошли из раскаленных туч, в которых мелкие частички огненной лавы спеклись одна с другой. Для этих новозеландских пород, распространенных на обширной территории от залива Пленти до озера Таупо, Маршалл предложил название *игнимбриты* (спекшиеся туфы). Ныне спекшимися туфами считают многие «лавовые» породы в разных районах земного шара.

Распространение в этой части Новой Зеландии *горячих источников и выходов пара* указывает на то, что вулканическая деятельность прекратилась не окончательно. Роторуа является не только приманкой для туристов, но и курортом. Подземное тепло (термальные воды) используется также для обогрева большинства отелей и жилых домов. Речь идет преимущественно о грунтовых водах, нагревающихся снизу за счет вулканического тепла. Достаточная водопроницаемость вулканических пород и большое количество атмосферных осадков объясняют богатые запасы грунтовых вод. Правда, большинство горячих источников расположено в низинах вблизи озер или рек.

Около Роторуа находится древнее поселение маори *Уокареварева* — третье (после исландского Большого Гейзера и гейзеров Йеллоустонского парка) известнейшее местонахождение источников горячих вод в мире. Между зелеными кустарниками и деревьями нередко встречаются небольшие «ванны» с горячей водой, где с удовольствием плещутся ребятишки местных жителей — маори (рис. 30.1), а также грязевые источники и сольфатары, обрамленные ярко-желтыми отложениями серы. Большое впечатление произвел на меня гейзер Похуту, который более часа непрерывно выбрасывал кипящую воду на высоту 20—30 м (конца извержения я так и не дождался). Уокареварева в этом отношении напоминает некоторые йеллоустонские гейзеры.

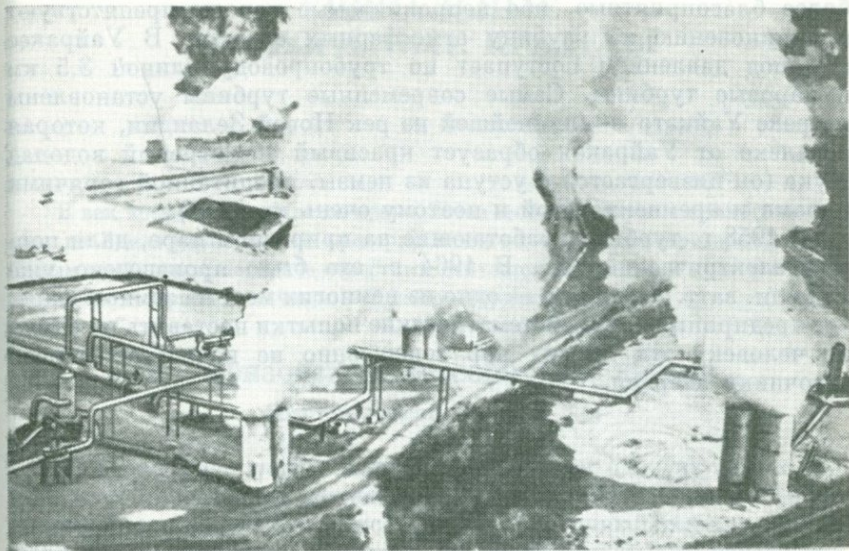
Пожалуй, еще большее впечатление, чем Уокареварева, производит *Уайракей*, находящийся в 80 км к югу от Роторуа, почти у самого озера Таупо, хотя в пейзаже полностью господствует современная техника. Конечно, естественные выходы пара есть и здесь, так же как отель с бассейном, но предупредительные надписи на улицах «steam ahead» («Остерегайтесь, пар!») относятся не к природным выходам пара, а исключительно к мощным закрывающим видимость облакам белого пара, которые выбрасывает ультрасовременная техническая установка (рис. 30.3). Мы нахо-



Р и с. 30.1. Естественная ванна с горячей водой в районе Уокареварева.



Р и с. 30.2. Гейзер Уокареварева в действии.



Р и с. 30.3. Добыча пара в Уайракее. Над каждой скважиной размещена установка, разделяющая пар и горячую воду. Вода при этом превращается в неиспользуемый пар, вырывающийся с оглушительным шипением.

димся в *геотермальной области* площадью 18 км^2 , природное тепло которой приводит в действие паровые турбины и электрические станции. Подсчитано, что природный тепловой поток составляет здесь 100 тыс. ккал/с.

Горячий пар отбирается скважинами, то есть так же, как в Исландии и Тоскане. Первая неглубокая скважина была пробурена у Уайракея в 1950 г. Ныне глубина скважин достигает уже 200—1400 м. Всего пробурено более ста скважин. Самая высокая из замеренных температур — 266° .

Скважины встречают на глубине смесь горячей воды с паром под большим давлением (по весу в отношении 3 : 1), но используется только пар. Над каждой из скважин находится сооружение из труб и котлов для разделения горячей воды и пара. Горячая вода, как и пар, находится под большим давлением; когда давление (при выпуске) резко падает, вода превращается в пар. Хотя специальные установки «silencer» насколько возможно глушат страшный шум, пар выбивается с громким шипением. Итак, каждая продуктивная скважина — мощная шипящая струя пара, а поскольку скважины расположены близко одна к другой, возникает действительно внушительная картина клубящихся облаков пара, и становится понятной необходимость в предупредительных цитах: «Остерегайтесь, пар!» Следует заметить, что в Тоскане добывается только пар (а не горячая вода), то есть условия там

более благоприятные, ибо непроницаемые породы препятствуют проникновению на глубину атмосферных осадков. В Уайракее пар под давлением поступает по трубопроводу длиной 3,5 км в паровые турбины. Самые современные турбины установлены на реке Уайкато — длиннейшей из рек Новой Зеландии, которая недалеко от Уайракея образует красивый 10-метровый водопад Хука (он низвергается с уступа из пемзы, пропитанной горячими парами и кремнекислотой и поэтому очень крепкой).

В 1958 г. турбины, работающие на природном паре, дали первый электрический ток. В 1964 г. его было произведено уже 150 млн. ватт. Уайракей — одно из немногих мест на земном шаре, где предпринимаются систематические попытки поставить на службу человеку эти до сих пор совершенно не использовавшиеся источники энергии.



На фото изображены паровые турбины в Уайракее. Пар поступает по трубопроводу длиной 3,5 км в паровые турбины. Самые современные турбины установлены на реке Уайкато — длиннейшей из рек Новой Зеландии, которая недалеко от Уайракея образует красивый 10-метровый водопад Хука (он низвергается с уступа из пемзы, пропитанной горячими парами и кремнекислотой и поэтому очень крепкой).

В 1958 г. турбины, работающие на природном паре, дали первый электрический ток. В 1964 г. его было произведено уже 150 млн. ватт. Уайракей — одно из немногих мест на земном шаре, где предпринимаются систематические попытки поставить на службу человеку эти до сих пор совершенно не использовавшиеся источники энергии.

В 1958 г. турбины, работающие на природном паре, дали первый электрический ток. В 1964 г. его было произведено уже 150 млн. ватт. Уайракей — одно из немногих мест на земном шаре, где предпринимаются систематические попытки поставить на службу человеку эти до сих пор совершенно не использовавшиеся источники энергии.

УНИКАЛЬНЫЕ МЕТЕОРИТНЫЕ КРАТЕРЫ

В век космических полетов проявляется особый интерес к немногочисленным на Земле метеоритным кратерам из-за их сходства с кратерами Луны. Самым красивым и наиболее известным считается Аризонский кратер в США, а наиболее проблематичным — кратер Нёрдлингер-Рис.

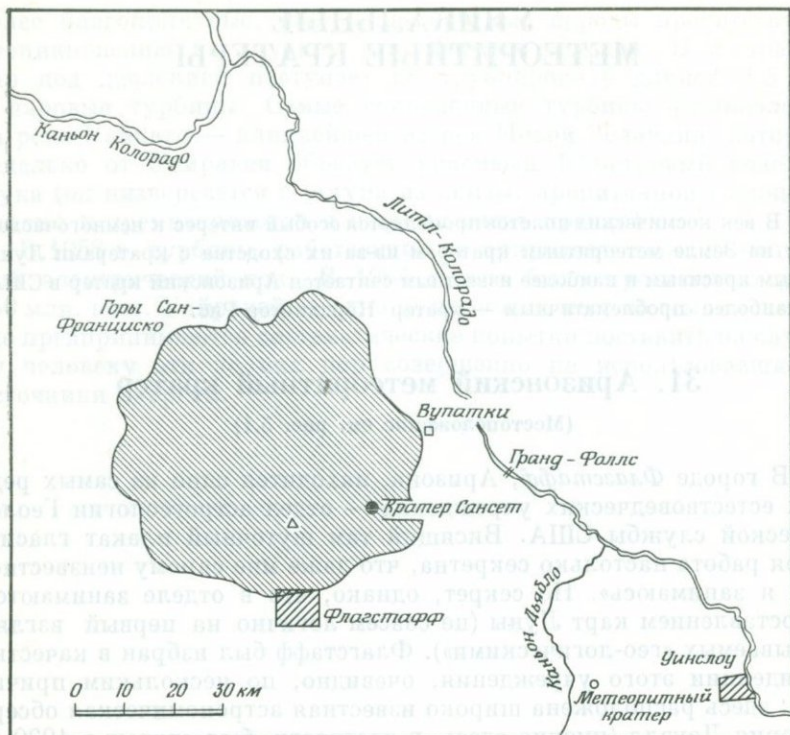
31. Аризонский метеоритный кратер

(Местоположение см. рис. 5.1)

В городе *Флагстафф*, Аризона, находится одно из самых редких естественных учреждений — отдел астрогеологии Геологической службы США. Висящий там шуточный плакат гласит: «Моя работа настолько секретна, что даже мне самому неизвестно, чем я занимаюсь». Не секрет, однако, что в отделе занимаются и составлением карт Луны (не совсем логично на первый взгляд называемых «гео-логическими»). Флагстафф был избран в качестве резиденции этого учреждения, очевидно, по нескольким причинам: здесь расположена широко известная астрономическая обсерватория Лоуэлл (именно здесь, в частности, был открыт в 1930 г. Плутон — самая удаленная из планет солнечной системы); поблизости находятся молодые, лишенные растительного покрова конусы вулканов (среди них национальный памятник природы кратер Сансет), а также Аризонский метеоритный кратер — самый большой на земле и наиболее *похожий на лунные кратеры* (рис. 31.1).

Между прочим, для обозначения метеоритных кратеров недавно Р. Дитц предложил новое красивое слово *астроблема* (греч. «звездная рана»). Иногда Аризонский кратер называют также кратером Уинслоу (по близлежащему городку), а иногда кратером Каньон-Дьябло (по речке, впадающей в Литл-Колорадо) или кратером Баррингера. Как и Большой каньон Колорадо, кратер расположен на плато Колорадо, которое изобилует и многими другими памятниками природы, о чем я уже говорил выше. Так же как и каньон Колорадо, кратер — истинное *геологическое чудо света*, причем, учитывая его происхождение, даже большее чудо, чем каньон. Ведь если Большой каньон создавался постепенно, в течение миллионов лет непрерывной прилежной работой реки, то метеоритный кратер возник в несколько мгновений в результате катастрофы в природе, к тому же катастрофы, вызванной не земными причинами.

Наиболее сильное впечатление кратер производит, когда пролетаешь над ним на не очень большой высоте (рис. 31.2). В 60 км



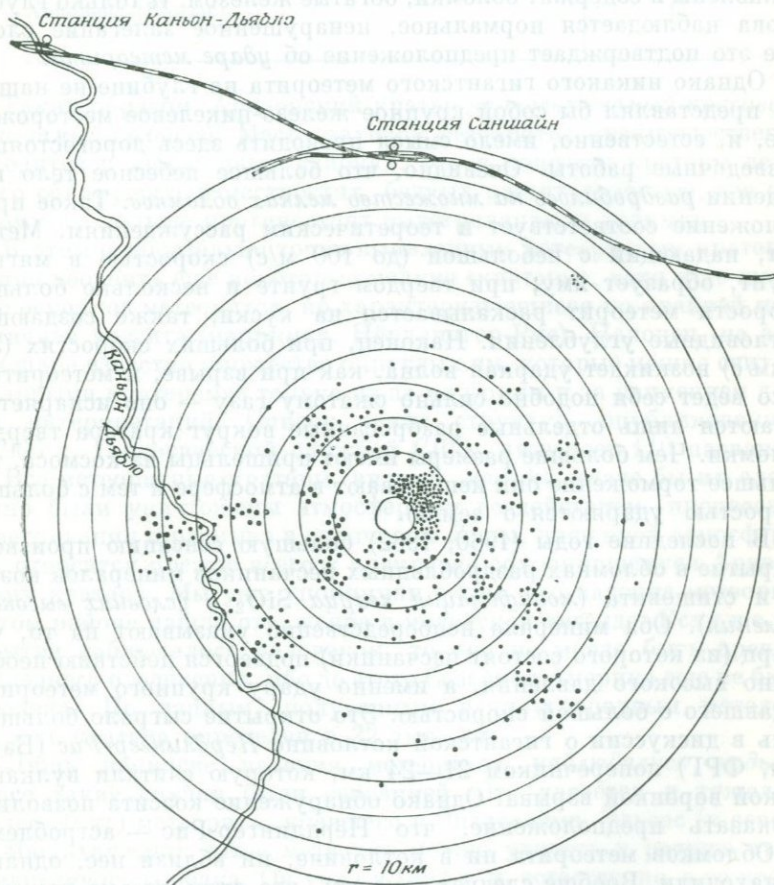
Р и с. 31.1. Окрестности кратера, образовавшегося при падении Аризонского метеорита.



Р и с. 31.2. Снимок с самолета метеоритного кратера.

восточнее Флагстаффа однообразие пустынной равнины внезапно нарушается гигантской, почти совершенно круглой воронкой с невысоким валом (поперечник воронки 1300 м, глубина 175 м).

В районе кратера до прихода сюда белых, несомненно, бывали *индейцы*. У кратера были найдены каменные наконечники стрел, возраст которых, вероятно, 800—900 лет. Странно, однако, что разбросанные вокруг многочисленные куски метеоритного железа индейцами не использовались. Только в 65 км на северо-запад отсюда находятся развалины индейского поселения Вупатки («Большой дом») — ныне это национальный памятник. Поселение было обитаемым с 600 г. до XII века. По легендам индейцев, здесь спустился с неба один из их богов. Отсюда делали вывод, что падение метеорита наблюдалось людьми. Вначале происхождение кратера считали вулканическим. И только когда в его окрестно-



Р и с. 31.3. Окрестности кратера усеяны мелкими обломками расколовшегося при ударе метеорита.

стях обнаружили тысячи небольших железных метеоритов (рис. 31.3), утвердилось мнение, что кратер метеоритного происхождения, особенно после исследований и раскопок, произведенных в 1929 г. горным инженером Баррингером из Филадельфии (который купил этот редкостный земельный участок). Именно он создал здесь небольшой музей, выкопал шахту (теперь она уже обвалилась) и пробурил несколько глубоких (более 400 м) скважин. Позже им были проведены измерения силы тяжести.

Благодаря этим исследованиям было прежде всего установлено, что *геологический разрез* местности сам по себе прост: пермские известняки Кайбаб подстилаются песчаниками Коконино (и те и другие мы видели с вами в каньоне Колорадо). Однако шурфовые работы показали, что под кратером и вблизи него встречаются различные местные нарушения: породы местами раздроблены, оплавлены и содержат обломки, богатые железом. И только глубже снова наблюдается нормальное, ненарушенное залегание слоев. Все это подтверждает предположение об *ударе метеорита*.

Однако никакого гигантского метеорита на глубине не нашли. Он представлял бы собой крупное железо-никелевое месторождение, и, естественно, имело смысл проводить здесь дорогостоящие разведочные работы. Очевидно, что большое небесное тело при падении *раздробилось на множество мелких обломков*. Такое предположение соответствует и теоретическим рассуждениям. Метеорит, падающий с небольшой (до 100 м/с) скоростью в мягкий грунт, образует яму; при твердом грунте и несколько большей скорости метеорит раскалывается на куски, также создающие котловидные углубления. Наконец, при больших скоростях (3—4 км/с) возникает ударная волна, как при взрыве, и метеоритное тело ведет себя подобно сильно сжатому газу — оно испаряется, остаются лишь отдельные разбросанные вокруг кратера твердые обломки. Чем большие размеры имеют пришельцы из космоса, тем меньше торможение они испытывают в атмосфере и тем с большей скоростью ударяются о землю.

В последние годы (1960, 1962) большую сенсацию произвело открытие в обломках раздробленных песчаников минералов коэсита и стиповита (*модификация кварца SiO_2 в условиях высокого давления*). Оба минерала непосредственно указывают на то, что кварц (из которого состоят песчаники) подвергся действию необычайно высокого давления, а именно удару крупного метеорита, падавшего с большой скоростью. Это открытие сыграло большую роль в дискуссии о гигантской котловине *Нёрдлингер-Рис* (Бавария, ФРГ) поперечником 21—24 км, которую считали вулканической воронкой взрыва. Однако обнаружение коэсита позволило высказать предположение, что Нёрдлингер-Рис — астроблема.

Обломков метеорита ни в котловине, ни вблизи нее, однако, не находили. Вообще следует заметить, что лишь весьма *немногие метеоритные кратеры* могут быть определены как таковые на основании находок метеоритных осколков (см. таблицу).

Наименование кратера	Максимальный поперечник, м
Метеоритный кратер (Аризона)	1200
Вольф-Крик (Западная Австралия)	840
Хенбери (Центральная Австралия)	200
Боксхоул (Центральная Австралия)	160
Одесса (Техас)	150
Вабар-Кратерс (Саудовская Аравия)	100
Каалиярви (остров Сарема, Эстонская ССР)	90
Далгаренджер (Западная Австралия)	70
Кампо-дель-Сьело (Аргентина)	56
Сихотэ-Алинь (Восточная Сибирь)	28
Хевиленд (Канзас)	17

Таким образом, Аризонский кратер *не только самый красивый, но и самый большой*. Места находок метеоритов преимущественно находятся в засушливых районах. Это и понятно: кратеры легче всего обнаружить в местностях, бедных растительностью, где они к тому же дольше противостоят выветриванию и размыву.

К этим относительно точно выявленным метеоритным кратерам можно добавить еще некоторые мелкие «кратеры», хотя и не имеющие осколков метеоритов, но характеризующиеся по крайней мере наличием коэсита (например, Нёрдлингер-Рис). Наконец, на земном шаре известно множество округлых ям, которые можно считать «ударными кратерами» только из-за их формы и за неимением других интерпретаций. Список таких структур, опубликованный в 1966 г. Геологической службой США, включает 110 названий!

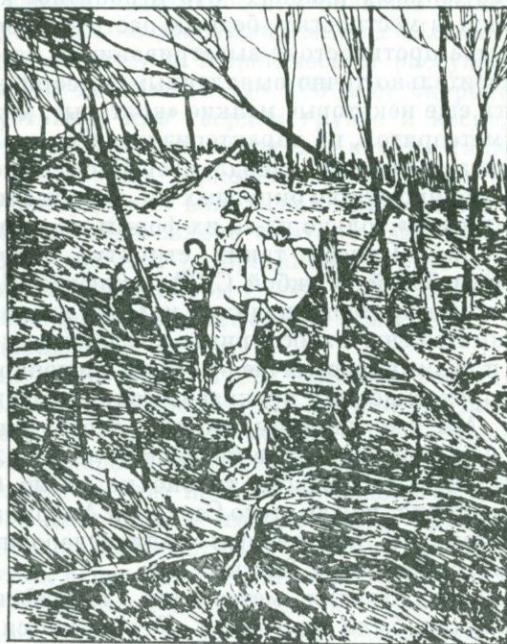
Все метеоритные кратеры, видимо, *молоды*, иначе бы их следы давно были уничтожены атмосферным воздействием, процессами выветривания и размыва в отличие от Луны, лишенной атмосферы. Это относится прежде всего к прекрасно сохранившемуся Аризонскому кратеру. Мы уже упомянули о том, что падение метеорита в этом районе нашло отражение в индейской легенде. Если же это событие наблюдалось человеком, то оно не могло быть древнее последнего оледенения, ибо до этого Северная Америка еще не была заселена. По данным, полученным радиоуглеродным методом, возраст кратера определен в 22 тыс. лет.

Лишь немногие падения метеоритов *наблюдались людьми*, и все такие случаи были сенсацией. Это касается и тяжелого (более 50 кг) метеорита, упавшего в Энзисхейме, Эльзас (к северу от Мюльхаузена); ныне метеорит можно увидеть в ратуше этого приветливого городка. Он упал в 1492 г. и, естественно, в то время привлек к себе особое внимание; однако интерес к нему не пропал, видимо, и по сей день, судя по вывеске, изображенной на рис.



Р и с. 31.4. О падении метеорита в Энсизгейме, Эльзас, в 1492 г. ныне напоминает эльзасское пиво «Метеор».

31.4. С научной точки зрения наибольшую известность приобрело событие 1908 г., когда какое-то небесное тело появилось над сибирской тайгой в бассейне *Тунгуски*; этот наблюдавшийся издадека огненный шар, удар которого был зарегистрирован сейсмографами в разных районах земного шара, не оставил после себя ни кратера, ни осколков. Зато лес вокруг места падения был повален (воздушной волной) (см. шуточный рис. 31.5). Поэтому



Р и с. 31.5. Загадочное «падение метеорита» в Сибири (1908 г.) в карикатуре. Проф. Л. А. Кулик — главный исследователь события 1908 г.: «Одно из двух: или здесь упал метеорит, или побывала профсоюзная экскурсия». Карикатура Б. Антоновского впервые помещена в журнале «Мироведение» в 1929 г. и воспроизведена в журнале «Природа», май 1969 г.

высказывалось предположение, что это могла быть комета. П. И. Привалов подсчитал, что для объяснения события на Тунгуске предложено не менее 77 гипотез! (журнал «Природа», 1969 г.). В Минералогическом музее Академии наук СССР в Москве хранятся обломки тяжелого (более 250 кг) железного метеорита, упавшего в 1947 г. в горах Сихотэ-Алинь.

Кратер Сансет и Вупатки

Севернее Флагстаффа раскинулась обширная молодая вулканическая область гор Сан-Франциско (с известным калифорнийским городом общее у этих гор только название). Высокая (3858 м) вершина их представляет меньший интерес, чем голый, правильной формы шлаковый конус с глубоким кратером, расположенный на восточной окраине области, в 25 км к северу от Флагстаффа — *кратер Сансет* («кратер заката солнца»), получивший свое название благодаря светло-красной окраске слагающих его шлаков. Поблизости от него множество других, также хорошо сохранившихся конусов с кратерами, но кратер Сансет — самый молодой и наиболее эффектный (рис. 31.6). Он образовался во время извержения 1065 г. н. э. Между прочим, ветер в то время дул, видимо, с юго-запада: северо-восточный край кратера самый высокий — здесь отложилась большая часть шлаков и пеплов, выброшенных при извержении.

С этим кратером тесно связана судьба одного весьма своеобразного *доисторического индейского поселения*, *Вупатки*. Оно расположено в 25 км северо-восточнее кратера Сансет. Развеянные вет-



Р и с. 31.6. Молодой вулканический конус в районе кратера Сансет (снимок с самолета).

ром пеплы извержения 1065 г. заставили немногочисленных индейцев, занимавшихся земледелием, покинуть свои поля. Однако вскоре они заметили, что свежий вулканический пепел (вначале уничтоживший посеvy) лучше задерживает скудные атмосферные осадки, отчего значительно повысилось плодородие почвы (это хорошо известно жителям Канарских островов, которые посыпают свои поля вулканическим пеплом). Таким образом, *кажущаяся катастрофа обратилась во благо*. Индейцы вновь начали стекаться в эту местность; в результате произошло смешение различных индейских племен. Весьма своеобразно это смешение отразилось на структуре поселения: наряду с небольшими жилищами, индейцы воздвигали просторные, иногда трехэтажные дома. «Вупатки» у индейцев хопи означает «высокий дом». Однако период расцвета поселения продолжался недолго. Ветер, за 100—200 лет полностью развеявший ценный пепел, и несколько засушливых лет были причиной того, что в 1300 г. поселение было покинуто. Ныне нам только и остается, что наблюдать многочисленные развалины и удивляться изменчивости сил природы, приносящих людям то вред, то благо.



ЗНАМЕНИТЫЕ РУДНИКИ

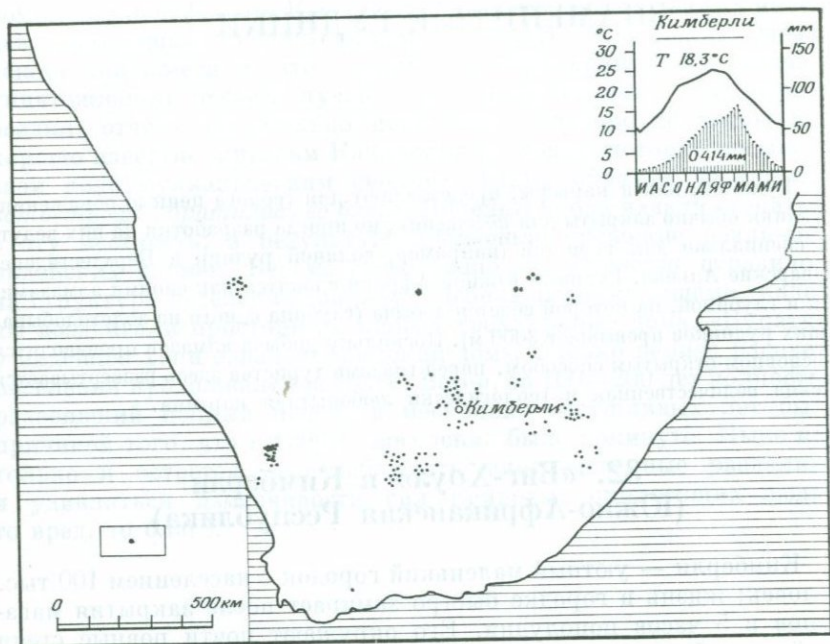
Рудники, как и карьеры, представляют для геолога ценные обнажения. Рудники обычно закрыты для посещения, но иногда разработки на них ведутся специально для туристов (например, соляной рудник в Берхтесгадене, Баварские Альпы). Рудники Южной Африки славятся как своими алмазами, так и глубиной, на которой ведется добыча (глубина одного из золотодобывающих рудников превышает 3000 м). Поскольку добыча алмазов производится в основном открытым способом, перед глазами туристов здесь разворачивается весьма величественная и геологически любопытная картина.

32. «Биг-Хоул» в Кимберли (Южно-Африканская Республика)

Кимберли — уютный маленький городок с населением 100 тыс. человек; жизнь в городке быстро замирает после закрытия магазинов в 5 часов пополудни. Его окружают почти ровные степи этой однообразнейшей по ландшафту части Африки. Ближайшие крупные города — Йоганнесбург (470 км) и Кейптаун (1000 км). Однако геологам это место известно очень хорошо, поскольку именно здесь в 1871 г. были найдены те темные «туфы», в которых сидят алмазы; К. Льюис по этому городу назвал их *кимберлитами*. Кимберлиты слагают четко ограниченные трубкообразные тела, вертикально пронизывающие вмещающие их породы. Они известны не только в Африке, но в других районах земного шара, например в Сибири. Эти «pipes» («трубки») сравнивают с каналами орудий, пронизывающих земную кору наподобие сита (рис. 32.1). Кимберлиты представляют огромный интерес не только для горняков, но и для геологов.

Их техническая и экономическая эксплуатация — вначале многочисленными вольными старателями, а ныне горнорудными компаниями — осуществлялась и частично производится до настоящего времени в открытых карьерах, которые все больше и больше уходят в глубину. Так, на руднике «Кимберли» возникли глубокие ямы, самая большая и внушительная из которых — *Биг-Хоул* («большая яма»). С 1871 г., когда были найдены первые алмазы, до 1914 г., когда все работы прекратились, здесь было добыто не менее 3 т алмазов. Под конец открытая разработка велась уже на глубине 400 м (главный шахтный ствол, пройденный рядом с кимберлитовой трубкой, достиг глубины 1000 м).

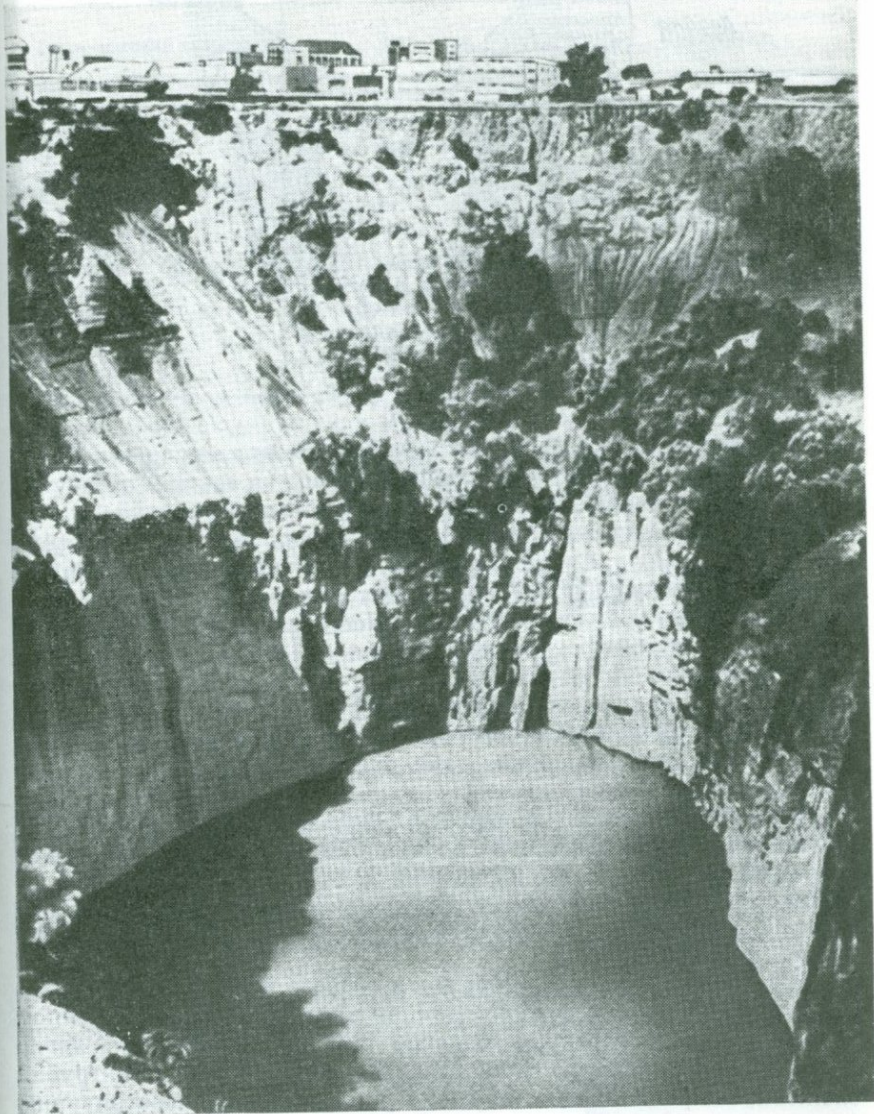
С тех пор карьер Биг-Хоул частично заполнился водой; однако он все еще производит внушительное впечатление, особенно когда стоишь на самом его краю, вблизи небольшого музея



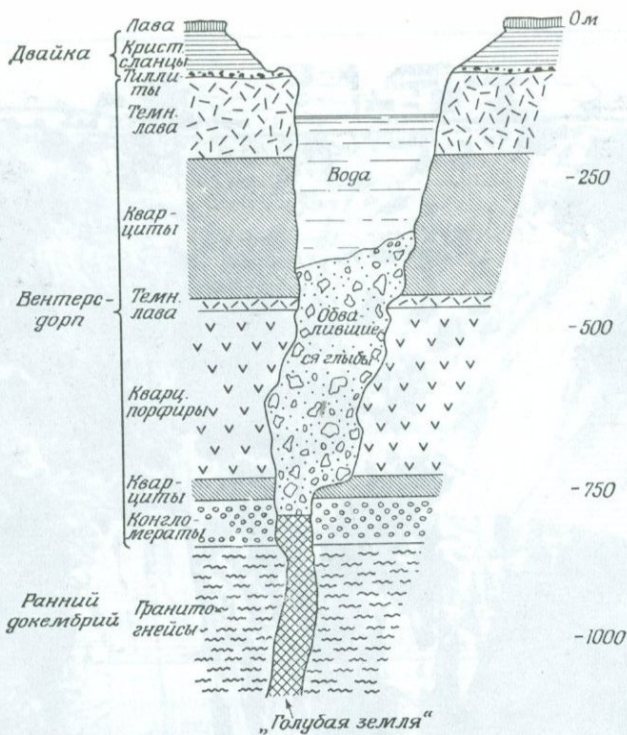
Р и с. 32.1. Многочисленные кимберлитовые трубки (показаны точками) в Южной Африке. Климатодиаграмма для Кимберли.

(рис. 32.2). Поперечник «кратера» сверху составляет 450, а на глубине, на уровне воды, менее 200 м. Впечатление, производимое карьером Биг-Хоул, столь велико потому, что ширина этой круглой гигантской воронки по сравнению с ее глубиной невелика; резко ограниченный крутыми стенами карьер виден весь как на ладони (в отличие от глубоких, до 250 м, но раскинувшихся на несколько километров открытых разработок Кёльнского бурого угольного района). Впечатление, производимое на геолога, усугубляется тем, что он прекрасно понимает, что вскрытая в процессе добычи алмазов «трубка» (за исключением верхнего воронкообразного расширения) точно соответствует каналу или жерлу, образовавшемуся в результате взрыва, и воочию убеждается, сколь чудовищны силы, формирующие нашу планету.

Обнаженный почти 200-метровый вертикальный *стратиграфический разрез* (рис. 32.3) представлен (сверху вниз) желто-бурыми выветрелыми долеритовыми лавами, серо-голубыми сланцами, слагающими основную часть расширяющейся кверху воронки, и, наконец, твердыми темными лавами в зоне собственно кимберлитовой трубки. Лавы верхней части разреза мощностью несколько метров из-за выветривания выглядят почти как глинистая осадочная порода. Эти мезозойские лавы внедрились в сланцы и по возрасту соответствуют лавовым покровам, занимающим обширные



Р и с. 32.2. «Биг-Хоул» в Кимберли, открытая разработка (до глубины 400 м) алмазонасной кимберлитовой трубки; в настоящее время карьер заполнен водой глубиной около 200 м (фотография 1968 г.). Верхняя часть карьера состоит из отложений Двайка, нижняя — из докембрийских лав.



Р и с. 32.3. Стратиграфический разрез карьера Биг-Хоул.

площади восточнее, в Драконовых горах Лесото. Подстилающие их темные, иногда углистые сланцы имеют каменноугольный или пермский возраст. В их основании залегает — издали почти неразличимый — тонкий слой моренных отложений — тиллиты оледенения Двайка. Это точно такие же тиллиты, с какими мы встретились в Нойтгедахе.

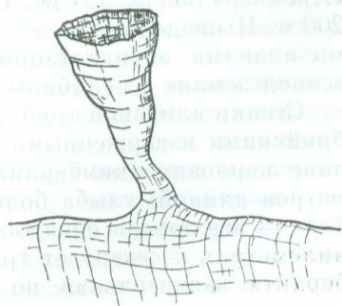
Выветрелые лавы в верхней части разреза и прежде всего сланцы Двайка ведут себя в этом огромном карьере как в естественном обнажении: они образуют пологие склоны, потому что легко размываются дождями. Начинаясь ниже собственно трубка сложена, напротив, очень твердыми устойчивыми к выветриванию породами основного состава, именуемыми здесь обычно «мелами». Они значительно древнее оледенения Двайка и относятся к докембрию (формация Вентерсдорп). Лавы Вентерсдорп выходят на поверхность в районе Нойтгедахта, где они гладко отшлифованы ледниками оледенения Двайка. Кимберлит моложе всех этих толщ, поскольку он их прорывает. Предполагают, что кимберлитовые трубки образовались в самом конце мелового периода, 70—80 млн. лет назад. Теперь легко сопоставить разрезы Нойтгедахта и Биг-Хоула.

Геологический возраст	Биг-Хоул	Нойтгедахт
Мезозой (более 70 млн. лет)	Кимберлит с алмазами; долеритовые лавы	—
Карбон — пермь (формация Двайка (275—250 млн. лет))	Темные сланцы Тиллиты	Тиллиты
Докембрий (формация Вентерсдорф) (более 500 млн. лет)	Лавы основного состава (под ними вскрытые при разработке кварциты, кварцевые порфиры и гнейсы)	Лавы основного состава (отшлифованные ледниками Двайка)

Применяемое для обозначения кимберлитовых трубок название «трубки прорыва» не совсем удачно, так как речь идет не о «взрыве», а, видимо, о постепенном внедрении вулканических газов, следовательно, о процессе флюидизации, с которым мы уже познакомились при рассмотрении мааров Эйфеля.

В Южной Африке наблюдали, что выходящие на поверхность круглые трубки на глубине переходят в жилы (рис. 32.4). Стало быть, подъем газов первоначально осуществлялся вдоль зон трещиноватости, но как только где-нибудь происходил прорыв их на поверхность, газы концентрировались здесь в канале или жерле, который сравнительно скоро приобретал трубкообразную форму. Есть, однако, и такие месторождения кимберлитов, которые представлены исключительно жилами. Нормальных вулканов с кратерами здесь, вероятно, никогда не было, и на поверхности такие залежи почти не выделяются. Некоторые из них, очевидно, еще не открыты. Алмазонасные кимберлиты дают начало речным и прибрежным алмазным россыпям (так, в 1926—1927 гг. Г. Меренски открыл крупные россыпные месторождения алмазов к югу от устья реки Оранжевая).

Первооткрыватели алмазов в Южной Африке называли темную породу кимберлитовых трубок просто «blue ground» — «голубая



Р и с. 32.4. Этот рисунок Г. Клооса из его книги «Разговор с Землей» является прямой противоположностью рис. 32.3, поскольку на нем показано только прежнее заполнение трубки кимберлитом, без боковых пород. На глубине нескольких километров кимберлитовые трубки частично переходят в жилы.

земля», а поскольку она близ поверхности была выветрелой и светлой, то — «yellow ground» — «желтая земля». Иногда земля заключает обломки боковой породы, происходящие частично из еще сохранившегося обрамления жерловины (докембрийские граниты, отложения Карру и т. д.), частично из давно смытых пород, обрушившихся в жерловину сверху, и частично из пород, вынесенных с больших глубин, например эклогитов (красно-зеленой породы с гранитом и пироксеном, а иногда даже с алмазами!). Эклогит образуется в условиях высокого давления; возможно, он происходит из «мантии» Земли. Это значит, что источник образования трубок следует искать *под земной корой*, возможно, на глубинах более 100 км. Кимберлиты, заполняющие трубки, — это ультраосновные (то есть сильно обедненные кремнекислотой) породы, образовавшиеся в основном, вероятно, в процессе флюидизации; следовательно, это не обычная лава, а смесь лавы с боковыми породами. Смесь состоит в основном из серпентинизированного оливина, пироксена, граната (ошибочно называемого «капским рубином»), флогопитовой слюды и других минералов, из которых алмаз, конечно, самый редкий, но и самый известный и самый ценный. Разновидности породы, в которой обломки боковых пород присутствуют наряду с кимберлитом, называют «кимберлитовой брекчией» или (что менее удачно) «кимберлитовым туфом».

Трубки района Кимберли — самые известные; к тому же они давно открыты (в 1870 г. первой была открыта трубка Ягерсфонтейн близ Блумфонтейна; четыремя годами позже открыли россыпные месторождения алмазов на реке Оранжевая). Однако «рирес» широко распространены и в других районах Южной Африки между Хейделбергом (южная часть Капской провинции) и озером Танганьика. Диаметр их разный — от 15 до 1000 м. Лишь в немногих из них встречаются алмазы и только 25 разрабатываются или разрабатывались.

Основную массу южноафриканских алмазов поставляет сейчас оборудованный по последнему слову техники рудник «Премьер-Майн» у Претории. Открытые разработки (являющие собой также весьма внушительную картину) по площади больше, чем карьер Биг-Хоул, а по глубине меньше (размеры кимберлитовой трубки «Премьер» 850 × 520 м). Подошва разреза находится на глубине 200 м. Ныне добыча ведется и подземным способом. Современными планами эксплуатации предусматривается полная отработка «синей земли» до глубины (на первом этапе) 240 м.

Стенки алмазной трубки «Премьер» сложены в основном докембрийскими изверженными породами (фельзитами). Однако посредине жерловины кимберлита находится огромная (несколько сотен метров длиной) глыба более молодых красных кварцитов Ватерберг — эти породы обнажаются на поверхности лишь в нескольких километрах к северу от трубки. Стало быть, после прорыва кимберлита значительная по мощности толща пород была смыта.

Алмазный рудник «Премьер» знаменит не только своими размерами, но и благодаря одной находке, сделанной через два года после основания рудника, 25 января 1905 г. Однажды вечером, сдавая смену, какой-то рабочий заметил в стенке карьера что-то блестящее, сверкающее в лучах заходящего солнца, и сообщил об этом горному надзору. Оказалось, что это алмаз, причем *самый крупный из известных* (и до настоящего времени) *на земле*. Он получил название «Кулливан». С кулак величиной, алмаз весил 3025 каратов, то есть более 600 г. Правительство Трансвааля приобрело его за 150 тыс. фунтов стерлингов для подарка ко дню рождения английского короля Эдуарда VII. В Амстердаме «Кулливан» разбили на 9 больших и 96 более мелких бриллиантов, самый крупный из которых, «Star of Africa» («Звезда Африки»), весом 530 каратов, ныне украшает королевский скипетр.

Однако основную добычу рудника (80%) составляют мелкие промышленные алмазы, получаемые из синей земли в процессе обогащения (дробления, грохочения, промывки). Чтобы получить один алмаз, нужно переработать в 14 млн. раз большую массу породы; (то есть из 3 т синей земли добывают один-единственный алмаз весом 0,2 г!). На руднике «Премьер» ежедневно выдают на гора 29 тыс. т синей земли, из которой за месяц намывают около 485 тыс. каратов алмазов. Весь объем добычи Южной Африки составляет в год 4 млн. каратов (более 75% этого количества добывают из кимберлитов, остальные 25% — из россыпей; по стоимости это отношение составляет, правда, 2 : 1, так как алмазы из россыпей в среднем крупнее и чище, поэтому они значительно более ценные).

В настоящее время на повестке дня стоит не только волнующий вопрос о том, как возникли эти кимберлитовые жерловины, но и проблема их образования на больших глубинах, под земной корой. Спрашивается также, *как собственно алмазы оказались в кимберлитах*. Алмазы, как и графит, — не что иное, как *чистый углерод*, что установил французский химик А. Лавуазье почти 200 лет назад; при этом алмаз — самое твердое из вообще существующих веществ, а графит, напротив, чрезвычайно мягок. Но если соединения углерода в природе встречаются очень часто (например, угли), находки алмазов чрезвычайно редки. Вначале предполагали, что в Южной Африке алмазы образовались в результате реакции раскаленных кимберлитов с углистыми сланцами Двайка. Однако алмазы найдены и в жерловинах, не контактирующих с этими сланцами. Когда же алмазы обнаружили и в эклогитовых включениях кимберлитовых трубок, было высказано предположение, что они первоначально находились в эклогите, а затем вследствие плавления и дробления эклогита на глубине оказались в кимберлите. Действительно, многие алмазы представляют собой осколки кристаллов (алмаз, несмотря на твердость, легко раскалывается!), но образовались они вначале, все же, видимо, в кимберлите. Об этом свидетельствуют нередко встре-

чающиеся в кимберлите микроскопические алмазики и некоторые другие наблюдения.

Ясно, вероятно, одно, что алмазы образуются на очень больших глубинах — либо под земной корой, на глубине более 30—40 км, либо в глубинных магматических очагах в пределах земной коры (поскольку углерод может превратиться в алмаз только при огромном давлении, что удалось доказать экспериментально). При давлениях в несколько сотен тысяч атмосфер и температурах более 1200—1300° получены искусственные алмазы, правда некачественные, используемые только в технических целях (размеры кристалликов обычно меньше 1 мм). Единственным местом образования ювелирных алмазов по-прежнему остаются глубины Земли. Среди драгоценных камней алмаз зародился *глубже* всех и *позже* всех увидел белый свет, поскольку внедрение кимберлитов произошло только в позднемеловое время.

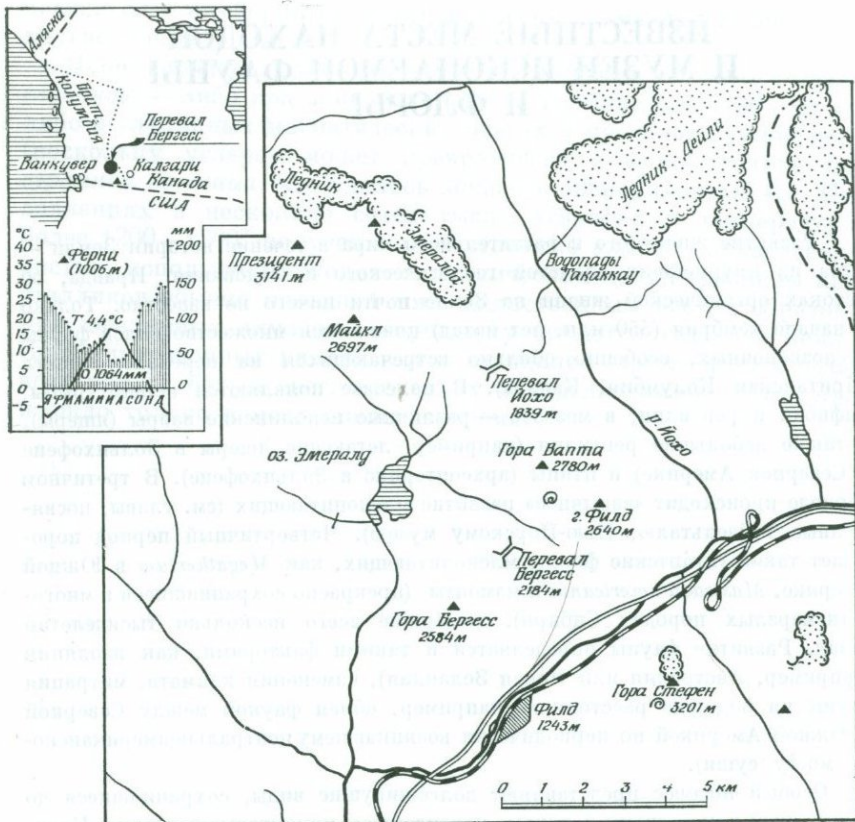
ИЗВЕСТНЫЕ МЕСТА НАХОДОК И МУЗЕИ ИСКОПАЕМОЙ ФАУНЫ И ФЛОРЫ

Развитие животного и растительного мира в течение истории Земли — одна из крупнейших областей геологического исследования. Правда, об истоках органической жизни на Земле почти ничего не известно. Только в начале кембрия (550 млн. лет назад) появляется множество видов фауны беспозвоночных, особенно обильно встречающихся на перевале Бергесс (Британская Колумбия, Канада). В палеозое появляются первые рыбы, амфибии и рептилии, в мезозое — различные ископаемые загры (ящеры), а также небольшие рептилии (например, летающие ящеры в Зольнхофене и Северной Америке) и птицы (археоптерикс в Зольнхофене). В третичном периоде происходит «взрывное» развитие млекопитающих (см. главы, посвященные Гейзелсталу, Нью-Йоркскому музею). Четвертичный период порождает такие гигантские формы млекопитающих, как *Megatherium* в Южной Америке, *Mastodon americanus* и мамонты (прекрасно сохранившиеся в многолетнемерзлых породах Сибири), вымершие всего несколько тысячелетий назад. Развитие фауны определяется и такими факторами, как изоляция (например, Австралия или Новая Зеландия), изменения климата, миграции фауны на большие расстояния (например, обмен фауной между Северной и Южной Америкой по периодически возникавшему центральноамериканскому мосту суши).

Особый интерес представляют долгоживущие виды, сохранившиеся до наших дней как реликты и «живые ископаемые»: мамонтовые деревья в Калифорнии⁶, протей в пещерах Карста¹¹, туатара в Новой Зеландии¹⁶ и особенно редкая кистеперая рыба *Latimeria*.

33. Перевал Бергесс (Британская Колумбия)

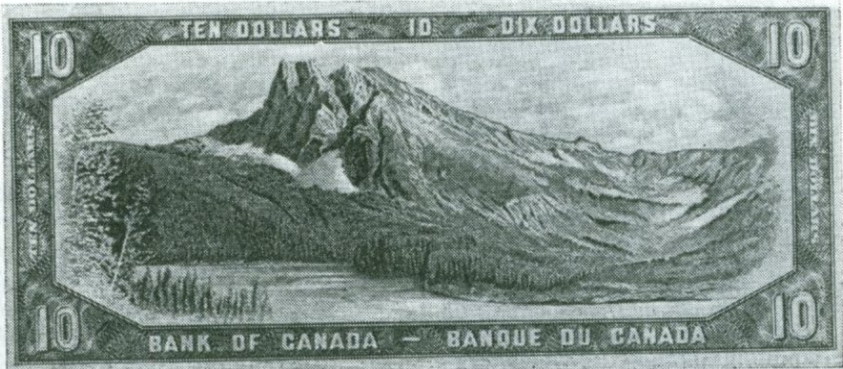
С борта самолета, направляющегося из Европы в Канаду, открывается величественная картина канадских равнин, сложенных очень древними, местами докембрийского возраста породами. Это «Канадский щит», который сотни миллионов лет старательно срезали и выравнивали эрозия и денудация и под конец отшлифовали четвертичные ледники. Подлетая к *Калгари*, на светлом фоне вечернего неба мы замечаем вдали голубую зубчатую стену канадских Скалистых гор, которые в противоположность Канадскому щиту представляют один из самых молодых циклов горообразования (хотя породы здесь частично весьма древние). Это очень молодые, «альпийские» складчатые горы, возникшие с геологической точки зрения «недавно» — эрозия только начала здесь свою разрушительную работу.



Р и с. 33.1. Центральная часть национального парка Йохо со знаменитыми палеонтологическими местонахождениями. Климатодиаграмма. Высокие горы увенчаны ледниками.

Направимся теперь по великолепной автостраде из Калгари в горы. На границе Альберты и Британской Колумбии мы попадем в национальный парк Йохо (рис. 33.1). На многочисленных щитах-указателях геолог, хоть сколько-нибудь близко знакомый с палеонтологией, сразу встречает знакомые названия: Филд, горы Бергесс (рис. 33.2), Стефен (рис. 33.3), Валпа. Мы прибыли к широко известному месту находок ископаемой фауны; правда, мы познакомимся не с древнейшими окаменелостями, но с великолепно сохранившейся ископаемой фауной, наиболее полно отражающей определенный отрезок истории Земли.

Этот район оказался в поле зрения палеонтологов во время строительства трансканадской железной дороги с ее глубокими выемками и многочисленными туннелями. Собственно первооткрывателем фауны и ее крупнейшим исследователем был Ч. Д. Уолкотт (рис. 33.4). Уолкотт родился в 1850 г. Не получив специального



Р и с. 33.2. Изображение горы Бергесс на канадском десятидолларовом денежном знаке. Гора высотой 2584 м сложена кембрийскими известняками. У подножия крутого склона мощные осыпи обломочного материала. Внизу озеро Эмералд.



Р и с. 33.3. Гора Стефен (3201 м), вид с перевала Бергесс. Слева ледник. Крутые стены сложены преимущественно среднекембрийскими породами, в том числе сланцами с трилобитами (место находки ископаемой фауны расположено несколько ниже границы леса). Вершина сложена верхнекембрийскими отложениями (формация Босворт); в долине развиты породы нижнего кембрия.



A handwritten signature in cursive script that reads "Charles Walcott".

образования, он в 26 лет стал ассистентом Дж. Холла, известного исследователя палеозоя Америки, в 1879 г. начал работать в Геологической службе США, а в 1894 г. благодаря крупным научным исследованиям и организаторскому таланту стал ее директором.

Основная заслуга Уолкотта — изучение кембрийских отложений Америки. Он по праву входит в состав «большой тройки» исследователей этой древнейшей формации (наряду с англичанином А. Седжвиком,

который ввел понятие «кембрий», и французом Ж. Баррандом, знатоком классического палеозоя Чехии). Открытие фауны на перевале Бергесс, пожалуй, наиболее яркая страница в биографии Уолкотта. Случай, а прежде всего упорный, систематический труд привели его к этому.

Летом 1909 г. Уолкотт изучал прекрасные обнажения кембрия Скалистых гор в районе горы Стефен у железнодорожной станции Филд. Общий разрез обнажающихся в горах слоев охватывает отложения от докембрия до мела мощностью 16 тыс. м. То, что кембрийские отложения этого района богаты трилобитами, было известно давно. Во время исследований летом 1909 г. Уолкотт нашел глыбу тонкозернистого кремнистого сланца (размером $4,5 \times 29,7 \times 2,1$ м), сорвавшуюся со склона во время снежного обвала. В глыбе он обнаружил на редкость хорошо сохранившиеся окаменелости, значение которых Уолкотт оценил с первого взгляда. Трудность состояла в том, чтобы найти точное место отрыва глыбы. Удалось это ему и его сыновьям только в 1910 г. В течение 30 долгих дней они извлекли фауну из местонахождения между перевалом Бергесс и горой Вапта и с большим трудом перенесли образцы на 1000 м вниз, к железнодорожной станции Филд, откуда весь сбор был доставлен в Вашингтонский музей.

Стратиграфический разрез кембрия этого района представляется следующим:

Верхний кембрий — известняки и сланцы, 3000 м

Средний кембрий — формация Элдон, песчанистые известняки, 830 м

формация Стефен, тонкослоистые известняки и сланцы (в том числе сланцы Бергесс), 200 м

формация Кафедрал, тонкослоистые песчаные известняки, 490 м

Нижний кембрий — известняки и сланцы, 1200 м

Собственно горизонт «сланцев Бергесс» имеет весьма небольшую мощность. Он входит в формацию Стефен и относится, следовательно, к среднему кембрию. Сланцы формировались, видимо, в мелководной лагуне или небольшом заливе кембрийского моря. Фауна в породе совершенно сплюснутая, но прекрасно сохранилась. Отлично сохранились не только организмы, имеющие скелет, но и мягкотелые — черви, членистоногие, нежные голотурии, т. е. животные, обычно в ископаемом состоянии почти не встречающиеся. То, что этот «музей», отражающий начальный период геологической истории, дошел до нас из времен 500-миллионлетней давности, явилось для всех величайшей неожиданностью.

Чаще всего встречаются 4 формы: *Marella splendens*, *Hymenocaris perfecta*, *Agnostus* и *Eodiscus*.

Две последние формы (маленькие трилобиты всего с 2 или 3 сегментами в туловищном отделе) уже весьма специализированы. Наряду с ними здесь обнаружены и трилобиты с большим числом сегментов, например *Olenoides (Neolenus)*, экземпляры которых также сохранились во всех деталях. Поскольку большинство трилобитов доходит до нас в плохой сохранности, формы с перевала Бергесс приобретают особую научную ценность как для систематического подразделения членистоногих, так и для изучения истории этого рода (рис. 33.5).

Наряду с трилобитами сланцы заключают и многие другие виды членистоногих, отнести которые к определенному роду, несмотря на отличную сохранность, пока не удалось (речь идет о формах, не имеющих более или менее близких родственников в современном животном

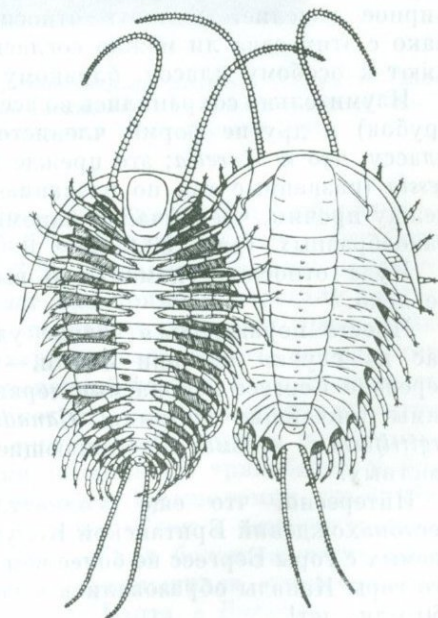
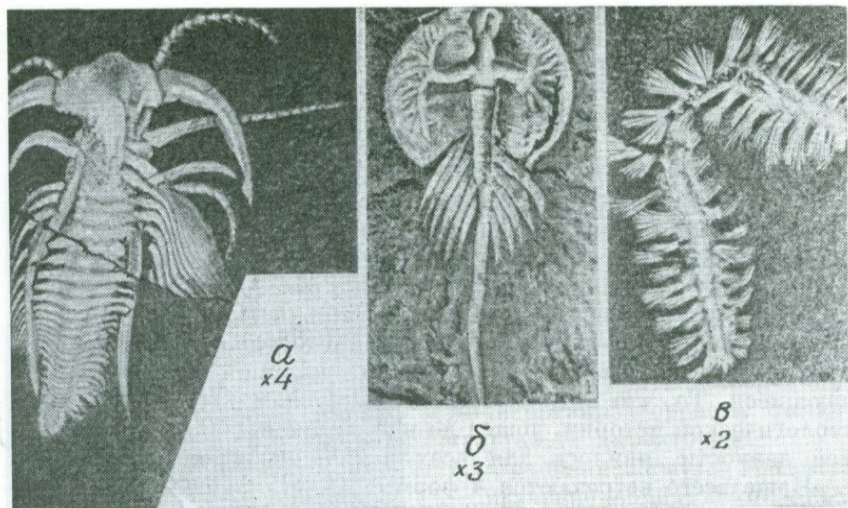


Рис. 33.5. *Olenoides serratus* — характерный трилобит из среднекембрийских слоев Бергесс. Реконструкция Л. Штёрмера.



Р и с. 33.6. Три примера удивительной сохранности бергесской фауны:
 а) *Marella splendens*; б) *Burgessia bella* и в) *Canadia spinosa*.

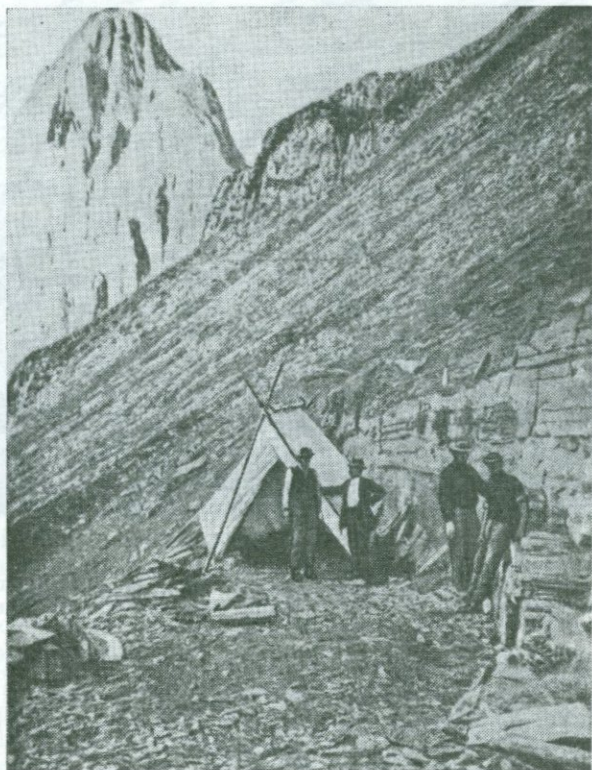
мире). Это относится, например, к упомянутой выше форме *Marella* (рис. 33.6, а), названной по имени английского геолога Марра. Ажурный тонкий панцирь и крохотные члены этого своеобразного маленького ракообразного напоминают изящное ювелирное изделие. Уолкотт относил *Marella* к трилобитам, однако с этим едва ли можно согласиться. Сейчас *Marella* причисляют к особому классу, близкому к трилобитам.

Изумительно сохранились во всех деталях (вплоть до кишечных трубок) и другие формы членистоногих, относимые к тому же классу, что и *Marella*; это прежде всего семейства *Waptia* и *Burgessia* (названные так по названию местонахождения); *Burgessia*, между прочим, чрезвычайно напоминает современных листоногих ракообразных (рис. 33.6, б).

Куда относить упомянутую выше форму *Hymenocaris*, пока не ясно.

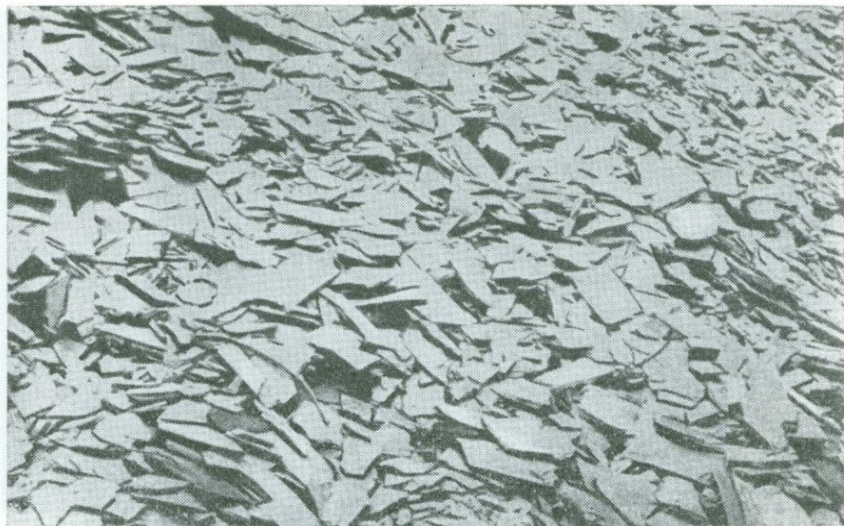
Просто поражаешься, какие удивительные формы дошли до нас из глубин истории Земли, — например, обнаруженные на перевале Бергесс ископаемые черви, у которых прекрасно различимы тончайшие щетинки: *Canadia* (рис. 33.6, в) и *Amiskwia sagittiformis*, весьма напоминающие ныне живущих щетинкочлустных.

Интересно, что еще Уолкотт, современный исследователь местонахождений Британской Колумбии, определял возраст ископаемых с горы Бергесс не более чем в 15 млн. лет. Ныне мы знаем, что горы Канады образовались в кембрии и возраст их примерно 550 млн. лет!



Р и с. 33.7. Великолепнейшие многочисленные находки Уолкотта были сделаны в самом нижнем слое сланцев (мощность 1 м) этого карьера. С помощью взрывов слой был прослежен в глубь горы на 7 м.

Между прочим, гора Бергесс — одна из наиболее красивых — ее изображение украшает собой обратную сторону канадского 10-долларового банкнота (рис. 33.2). От расположенного на высоте 1300 м озера крутая тропа ведет нас прямо к перевалу Бергесс (2184 м). Геолога на пути к перевалу поражает чрезвычайно слабая палеонтологическая охарактеризованность пород этого известного местонахождения ископаемой фауны. Хотя, поднимаясь вверх, мы имели возможность осмотреть тысячи и тысячи известняковых глыб, лишь в одной из них — глыбе черных известковых сланцев — мы заметили остатки нескольких трилобитов и брахиопод, всего в нескольких метрах ниже каменоломни, где прибит щит с надписью «Fossil beds 1 mile» («Слой с окаменелостями, 1 миля!»). Именно здесь Уолкотт собрал большую часть своей коллекции удивительно хорошо сохранившихся окаменелостей, из которой *Waptia* напоминает о горе Вапта, а *Burgessia* — о горе



Р и с. 33.8. Бесчисленные пластинки кембрийских сланцев свидетельствуют об интенсивном выветривании и об усердии геологов (склон горы Стефен).

и перевале Бергесс. Но фауны в местонахождении уже не сохранилось, вся она была извлечена Уолкоттом (рис. 33.7).

Второе местонахождение, Филд, находится в долине, над которой величественно поднимается пирамида горы Стефен (3201 м). Западный ступенчатый склон этой вершины представляет собой непрерывный гигантский геологический разрез — одним взглядом можно окинуть 1500-метровую толщу кембрийских сланцев, залегающих на первый взгляд совершенно горизонтально и без перерывов. В действительности же здесь есть и отдельные нарушения и сбросы.

Наше местонахождение расположено почти на границе леса, в 800 м над городком Филд. Осыпи из бесчисленных сланцевых плиток свидетельствуют как о процессах выветривания обнажающихся выше коренных пород, так и об усердии геологов (рис. 33.8). Многие плитки, видимо, много раз осматривались, но удар геологического молотка позволяет обнаружить новые и новые образцы фауны в этой действительно богатой окаменелостями породе. На светло-бурой выветрелой поверхности черные остатки трилобитов выделяются особенно отчетливо; чаще всего это остатки головы, хвоста или конечностей и очень редко — весь панцирь.

Здесь, как, впрочем, и на всех других местонахождениях, нас охватывает не просто страсть к коллекционированию, но уверенность в том, что каждый удар молотка вскроет окаменелости почтенного возраста, погребенные 500 млн. лет назад, и что такая

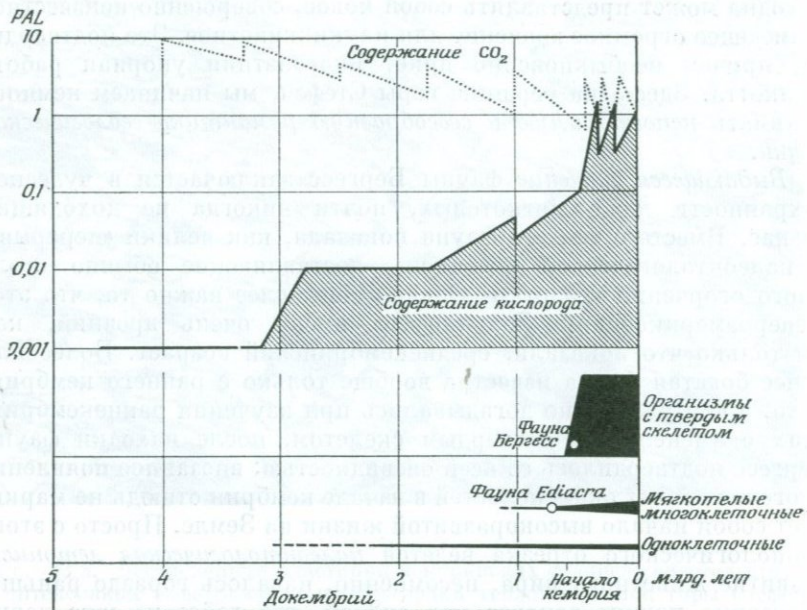
находка может представлять собой новое, совершенно неизвестное и имеющее огромное значение для науки животное. Это подтвердила, причем необыкновенно ярко, многолетняя упорная работа Уолкотта. Здесь, на вершине горы Стефен, мы начинаем немного понимать неповторимую и своеобразную романтику геологической науки.

Выдающееся значение фауны Бергесс заключается в чудесной сохранности даже мягкотелых, почти никогда не доходящих до нас. Вместе с тем эта фауна показала, как велики «перерывы в палеонтологической летописи», доставляющие обычно столь много огорчений геологам. Однако еще более важно то, что этот «североамериканский Зольнхофен» имеет очень древний, как мы только что показали, среднекембрийский возраст. Более или менее богатая фауна известна вообще только с раннего кембрия. И то, о чем уже давно догадывались при изучении раннекембрийских окаменелостей с твердым скелетом, после находки фауны Бергесс подтвердилось со всей очевидностью: внезапное появление многочисленных окаменелостей в начале кембрия отнюдь не маркирует собой начало высокоразвитой жизни на Земле. Просто с этого хронологического отрезка ведется палеонтологическая летопись, развитие животного мира, несомненно, началось гораздо раньше. «Внезапно поднята занавес над сценой, где действие уже давно началось» (У. Симон).

Еще Уолкотт заинтересовался вопросом, почему от предшествующего (докембрийского) периода чудовищной длительности до нас дошли только совсем скудные ископаемые остатки. За более чем 50 лет, прошедших со времени исследований Уолкотта, эта проблема осталась почти такой же загадочной. Правда, с тех пор описаны многочисленные, нередко весьма проблематичные находки примитивной жизни, датированные, возможно, миллиардами лет; но об остатках многоклеточных докембрийских организмов известно еще ничтожно мало, в некотором смысле даже меньше, чем во времена Уолкотта, поскольку многие находки признаны недостоверными, а то и просто ложными. Добавилась лишь одна действительно важная фауна — это открытая в 1947 г. М. Сприггом и описанная М. Глеснером фауна *Ediacara* из Южной Австралии. Представленная медузами, восьмилучевыми кораллами и кольчатыми червями, эта фауна, однако, видимо, лишь ненамного древнее кембрия.

Сохранность богатой палеонтологической летописи только лишь начиная с кембрия можно объяснять различными причинами:

- 1) геологи до сих пор пропускали докембрийские местонахождения;
- 2) докембрийские породы подверглись столь сильным изменениям, что содержащиеся в них окаменелости были раздроблены;
- 3) хронологический отрезок, непосредственно предшествовавший кембрию, не представлен в настоящее время осадками, или по крайней мере морскими осадками;



Р и с. 33.9. Изменение состава атмосферы и животного мира за последние 5 млрд. лет. Содержание CO₂ уменьшалось, содержание кислорода — увеличивалось. Современное содержание (PAL) принято за единицу. Обе кривые весьма гипотетичны. Небольшие колебания связаны с процессами горообразования. Организмы с твердым скелетом появляются сравнительно внезапно в начале кембрия — возможно, в связи с уменьшением содержания CO₂ и увеличением содержания кислорода. Фауна Ediacara предшествует этому временному рубежу, фауна Бергесс следует за ним. Наглядно показана огромная продолжительность докембрия!

4) животные прежде не имели твердого скелета; и только начиная с кембрия эта стадия развития была достигнута одновременно несколькими группами животных (трилобиты, брахиоподы и др.).

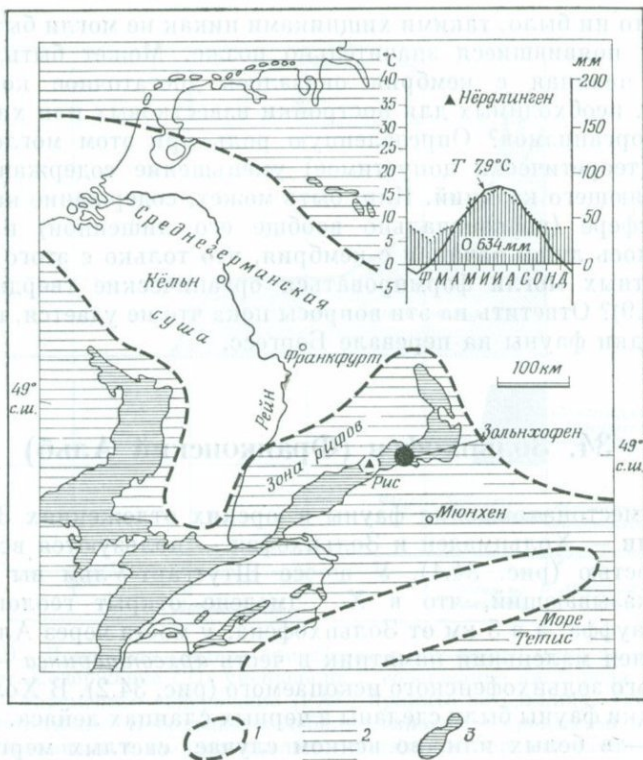
Из указанных выше причины 1—3 следует, видимо, исключить, поскольку они имеют лишь узко местное значение. Во всяком случае, известно достаточно докембрийских осадков, претерпевших столь незначительные изменения, что в них могли бы сохраниться окаменелости. Правда, в данном случае это могут быть не морские отложения, а осадки внутриконтинентальных бассейнов. Однако они часто не содержат или почти не содержат окаменелостей. Эта причина всесторонне рассматривалась еще Уолкоттом, а недавно снова подробно анализируется в работах У. Симона.

Однако наиболее вероятной все же представляется причина 4. Конечно, она решает проблему только частично, поскольку возникает вопрос, почему твердые части «приобрели» одновременно многие группы животных. Было ли это защитным приспособлением, вызванным внезапным появлением каких-то хищников? Но,

как бы то ни было, такими хищниками никак не могли быть позвоночные, появившиеся значительно позже. Может быть, в море только начиная с кембрия оказалось достаточное количество веществ, необходимых для постройки известковых или хитиновых частей организмов? Определенную роль при этом могло играть также (теоретически допустимое) уменьшение содержания CO_2 , растворяющего кальций. Или, быть может, содержание кислорода в атмосфере (первоначально вообще его лишенной) настолько повысилось лишь начиная с кембрия, что только с этого времени у животных могли формироваться органические твердые части (рис. 33.9)? Ответить на эти вопросы пока что не удастся, несмотря на находки фауны на перевале Бергесс.

34. Зольнхофен (Франконский Альб)

Два местонахождения фауны в юрских отложениях Западной Германии — Хольцмаден и Зольнхофен — пользуются всемирной известностью (рис. 34.1). У шоссе Штутгарт-Ульм вы увидите щит, указывающий, что в Хольцмадене открыт геологический музей Гауффа, а в 5 км от Зольнхофена, у моста через Альтмюль, установлен маленький памятник в честь *археонтерикса* — самого известного зольнхофенского ископаемого (рис. 34.2). В Хольцмадене находки фауны были сделаны в черных сланцах лейаса, в Зольнхофене — в белых или, во всяком случае, светлых мергелистых известняках мальма (точнее, верхнего мальма); это объясняет, почему в свое время Л. фон Бух предложил для лейаса название «черная юра», а для мальма — «белая юра». Лучшими экспонатами музея в Хольцмадене (а ныне и многих других музеев мира) являются прекрасно сохранившиеся крупные ихтиозавры и плезиозавры (например, названный в честь кайзера Вильгельма II *Plesiosaurus guilielmi imperatoris* и единственный в своем роде *Thaumatosaurus victor*), морские крокодилы, рыбы (например, *Huobodus hauffianus*, акула с 200 белемнитами в желудке), морские лилии (в Тюбингенском геологическом институте хранится огромная плита с 24 целыми экземплярами *Pentacrinus*, названная Квенстедтом «швабской головой медузы»). Разработки на местонахождении Хольцмаден производятся в течение поколений только в научных целях. Напротив, в каменоломнях Зольнхофена и его окрестностей всегда велись прежде всего промышленные разработки, ибо зольнхофенские известняки с их теплой светло-бурой окраской идут на изготовление плит для подоконников, полов, обшивки стен и т. д. В этих известняках зачастую встречаются сигаровидные черно-бурые белемниты и раковины аммонитов. Студенты Кёльнского университета могут познакомиться с представителями зольнхофенской фауны непосредственно на ступенях университетской лестницы.



Р и с. 34.1. Современное распространение отложений позднеюрского возраста в Центральной Европе и реконструируемая на основании этого палеогеография (распределение суши и моря в поздней юре). Зольнхофен располагался недалеко от побережья, в зоне рифов и лагун (ср. рис. 34.4). Климатодиаграмма для Нёрдлингена.

1 — суша; 2 — море; 3 — верхнеюрские отложения.

Юрские известняки начали использовать как строительный материал еще во времена Римской империи. Однако особенно интенсивную добычу известняков начал в 1796 г. А. Зенефельдер. Будучи драматургом, он пытался найти какой-нибудь простой способ печати с тем, чтобы самому издавать свои пьесы. В конце концов он обнаружил, что в литографии можно использовать тонкозернистые известковые сланцы, что и послужило толчком для дальнейшего развития плоской печати. С тех пор зольнхофенские известняки стали называть также литографским камнем.

В литографии *тонкозернистая структура* зольнхофенского камня используется для воспроизведения тончайших рисунков. Природа использовала ее для «воспроизведения» ископаемой фауны. Благодаря этому Зольнхофен и его окрестности приобрели широкую известность как палеонтологическое местонахождение. Хотя самое большое научное значение, несомненно, имеют два



Р и с. 34.2. Памятник древней птице *Archaeopteryx* (и аммониту) у шоссе Зольнхофен — Эйхштетт.

экземпляра древней птицы *Archaeopteryx*, остальная фауна Зольнхофена также весьма богата и интересна. Список фауны, составленный О. Куном, насчитывает 650 видов.

Известный немецкий геолог, автор классических работ о геологии пустынь И. Вальтер писал в 1904 г.: «Пробелы в геологической летописи, часто мешающие нам воссоздать все богатство форм живого мира, здесь утратили всякое значение, ибо студенистая масса медуз, мышечная ткань рыб, летные перепонки летающих рептилий и эмбрион неродившегося динозавра сохранились здесь столь же великолепно, как и нежнейшие щупальца раков и жилки крыльев насекомых».

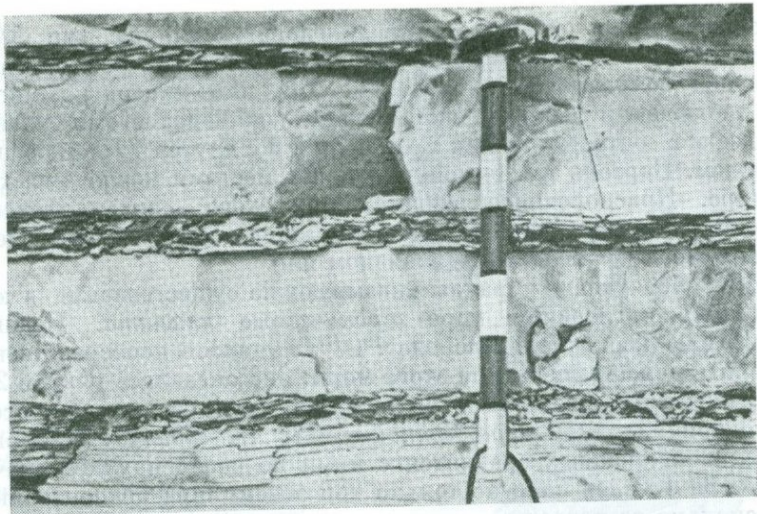
Кто бы ни посетил один из маленьких зольнхофенских музеев или ознакомился с соответствующими коллекциями в других музеях, всех поражает обилие окаменелостей, исключительная наглядность которых как экспонатов усугубляется цветовым контрастом белого известняка и темно-бурых костей или чешуй. Первое изображение одной из зольнхофенских окаменелостей поместил в своей книге «Чудеса природы» (1755 г.) нюрнбергский антиквар и гравер по меди Г. Кнорр.

«Зольнхофеном» называют не только деревню в приветливой широкой долине Альтмюля, но и всю окружающую местность. От Мёрнсгейма к Эйхштетту и дальше через Пфальцшайнт, Цандт и Пойнтен почти до Кельгейма, где Альтмюль впадает в Дунай, тянутся большие известняковые карьеры с их гигантскими белыми отвалами. Географически мы находимся во *Франконском Альбе* (свое наименование он получил, видимо, от белых юрских известняков; по-латыни *albus* означает «белый»), геологически же — во Франконской Юре, северо-восточном продолжении Швабской Юры. Недалеко от Зольнхофена находится известный — правда, совсем другими геологическими объектами — Нёрдлингер-Рис, с которым мы уже познакомились ближе при рассмотрении метеоритных кратеров.

Черепицы из светлого известняка на крышах домов придают весьма своеобразный характер деревням этой местности. В карьерах и в отвалах особенно бросается в глаза плитчатость зольнхофенских известняков, из-за чего их часто называют *сланцами*, что с геологической точки зрения неправильно, ибо они состоят в основном (95%) из известняка, а глины образуют в них лишь маломощные «рухляковые» прослои (рис. 34.3). Горняки называют эти ритмично чередующиеся слои соответственно «флинцом» и «рухляком». Разрез мощностью около 40 м включает приблизительно 250 прослоев флинта. Однако для резки, шлифовки и полировки годится только небольшая часть этой породы — отсюда огромные отвалы.

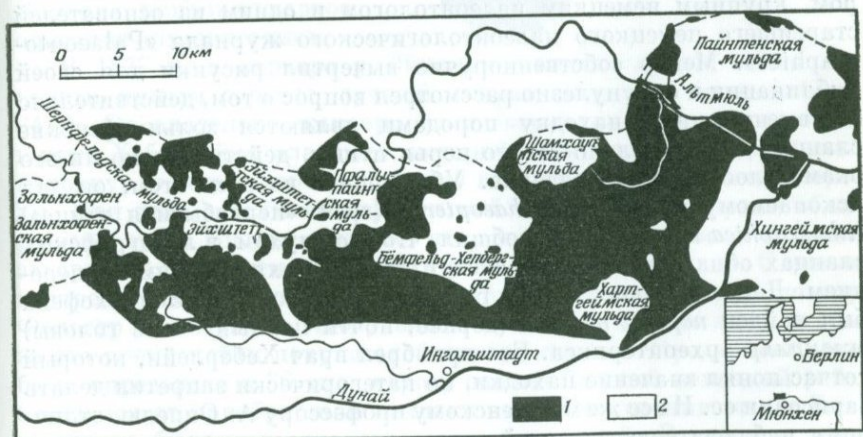
На крутых склонах долины Альтмюля можно наблюдать и другую разновидность белых известняков — неслоистые, массивные породы приблизительно того же возраста, что и зольнхофенские плитчатые известняки. Следовательно, мы здесь встречаем две *различные фации* верхней юры (рис. 34.4). Массивные известняки образовались из коралловых рифов, плитчатые, напротив, формировались в мелководных межрифовых лагунах (с аналогичным различием фаций мы уже познакомились при рассмотрении доломитов южного Тироля!).

Зольнхофенский пояс лагун примыкал к располагавшейся севернее «Среднегерманской суши» — массиву суши, разделявшему северо- и южногерманское юрское море. На юге рифы, построенные губками и кораллами, отделяли лагуны (или «ванны») от огромного моря Тетис, занимавшего место современных Альп (рис. 34.1). Эти рифы и лагуны несколько напоминают условия у Большого Барьерного рифа Австралии. Правда, коралловые рифы Зольнхофена в тот период уже были мертвы. В лагунах отлагался тонкий известковый ил (преобразовавшийся позднее во флинц), чередующийся с прослоями глинистого рухляка. Об *условиях осадконакопления* высказывались различные мнения. Многие исследователи вслед за И. Вальтером и О. Абелем предполагали, что лагуны часто *высыхали*; море затопляло их только эпизодически, принося с собой многочисленных животных, кото-



Р и с. 34.3. Для зольнхофенской юры характерно чередование твердых мергелистых известняков («Flinz») и маломощных прослоев глинистых отложений («Fäule»).

рые потом быстро были погребены приносимой ветром известковой пылью (отсюда прекрасная сохранность ископаемых). Некоторые геологи, напротив, полагают, что лагуны были заполнены водой постоянно (или почти постоянно). «Изолированность лагун, отсутствие течений и тропический климат обуславливали нагрев воды, ее повышенную соленость, а на дне лагун — застойные явления



Р и с. 34.4. Лагуны (Зольнхофенская мульда, Эйхштеттская мульда и др.) и рифы в позднеюрском море Франконии чередовались, о чем свидетельствует чередование различных фаций пород.

1 — рифы; 2 — лагуны.

с образованием сероводорода). Следовательно, на дне лагун должен был возникнуть *недостаток кислорода*, способствовавший хорошей сохранности организмов. Так или иначе, но многие из наблюдений над зольнхофенскими окаменелостями удается привести в соответствие как с одной, так и с другой точкой зрения. Впрочем, Бартель также допускает, что местами могло высыхать и море. Красноречивое свидетельство этого — зольнхофенская находка — следы ползания ракообразного *Limulus*, увязшего, погибшего и окаменевшего в вязком иле.

Рифообразующие кораллы указывают на существование в южногерманском юрском море *тропического климата*. Недавно с помощью изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ удалось непосредственно измерить палеотемпературу этого моря: она оказалась равной 26° .

Всемирную известность Зольнхофен приобрел прежде всего благодаря находкам *первобытной* птицы *Archaeopteryx*. Немногие находки ископаемых сравнятся с ними по своей научной значимости. За 100 лет найдено только три экземпляра археоптерикса и несколько ее перьев.

1860 г. — находка перьев птицы (каменоломня Зольнхофен);
1861 г. — находка первого экземпляра (Зольнхофен), ныне хранится в Британском музее, Лондон;

1877 г. — находка второго экземпляра (каменоломня у Эйхштетта), хранится в Геологическом институте университета им. Гумбольдта, Берлин;

1956 г. — находка третьего экземпляра.

Сенсацию произвела уже находка перьев археоптерикса в 1860 г. До сих пор считалось, что птицы появились только в третичном периоде. Первое описание находки сделано Г. Мейером, крупным немецким палеонтологом и одним из основателей старейшего немецкого палеонтологического журнала «*Palaeontographica*». Мейер собственноручно вычертил рисунки для своей публикации и скрупулезно рассмотрел вопрос о том, действительно ли вмещающими находку породами являются зольнхофенские сланцы, действительно ли это перья птицы, действительно ли это окаменелость, а не подделка. Убедившись во всем этом, он дал ископаемому название *Archaeopteryx* (греч. «первобытная птица») *lithographica* и уже тогда сообщил, что, по слухам, в литографических сланцах обнаружен полный скелет птицы с сохранившимся оперением. Действительно, в 1861 г. в одном из карьеров Зольнхофена был найден *первый полный* (вернее, почти полный — без головы) *экземпляр* археоптерикса. Его приобрел врач Хеберлейн, который тотчас понял значение находки, но категорически запретил делать зарисовки ее. И все же мюнхенскому профессору А. Оппелю, отличному наблюдателю, который внимательно рассматривал находку в течение нескольких часов, удалось по памяти воспроизвести отдельные детали и набросать удивительно достоверный рисунок этой птицы. А. Вагнер на основании этого рисунка опубликовал описание находки. Он первым заметил сходство археоптерикса

Рис. 34.5. *Archaeopteryx lithographica* — возможно, вообще самое известное ископаемое. «Берлинский экземпляр» найден в 1877 г. у Эйхштетта. Отлично сохранились оперение птицы и ее длинный хвост, а также челюсть с зубами и 3 пальцевые кости с когтями. Длина 40 см.



с рептилиями, назвав его *Griphosaurus* (греч. «загадочная ящерица»). «Оперенная ящерица! Эта находка оказалась слишком интересной, чтобы ее оставили в Германии. Из Лондона срочно прибыл Г. Уотерхаус и купил окаменелость за 700 фунтов стерлингов». Известный английский анатом и палеонтолог позвоночных сэр Р. Оуэн, противник Ч. Дарвина, выполнил первое описание археоптерикса.

В 1877 г. в карьере у Эйхштетта нашли второй экземпляр птицы, причем гораздо лучшей сохранности, чем первый (рис. 34.5). От владельца карьера этот экземпляр сначала перешел в руки Хеберлейна младшего, который прекрасно отпрепарировал находку, то есть осторожно удалил все приставшие кусочки породы. При этом в челюсти первобытной птицы были впервые обнаружены зубы. Вполне понятно, что заведующие многими музеями загорелись желанием приобрести уникальный экземпляр. С целью воспрепятствовать покупке его зарубежными музеями доктор Фольгер заключил с Хеберлейном договор на 6 месяцев, чтобы за это время найти покупателей внутри страны. Продажная цена была определена в 36 тыс. марок, однако богатый немецкий рейх отказался от приобретения находки на том основании, что в Германии не было палеонтологических коллекций. В связи с этим агрессивно настроенный профессор К. Фогт (в 1848 г. эмигрировавший из Германии по политическим причинам) на одном из заседаний Швейцарского общества испытателей природы обр-

шился на кайзера Вильгельма II, язвительно заметив, что на пушки у него деньги находятся, а на науку — нет.

У научных учреждений средств действительно не было, и все усилия Фольгера так и оказались бы тщетными, если бы не В. Сименс, известный физик и изобретатель, который купил находку за 20 тыс. марок и затем уступил ее за полцены правительству Пруссии, которое в свою очередь передало ее минералогическому музею Берлинского университета. Этот «берлинский» экземпляр и был описан в 1884 г. проф. Дамсом, учеником известного геолога Ф. Рёмера. Вначале Дамс считал его идентичным лондонскому экземпляру, но затем отнес к новому виду и новому роду *Archaeornis siemensii*. Однако самые последние исследования вынуждают нас склоняться к тому, что оба экземпляра относятся к одному и тому же роду *Archaeopteryx*.

Третий экземпляр был найден в 1956 г. и описан Ф. Хеллером; сохранность его гораздо хуже, чем двух предыдущих почти целых находок.

Величайшее научное значение *Archaeopteryx* объясняется его близким родством как с рептилиями, так и с птицами. Наиболее характерным отличительным признаком *Archaeopteryx*, роднящим его с птицами, служат перья, что бросилось в глаза уже первым исследователям этой находки и что еще сегодня поражает даже неспециалистов. Однако некоторые другие признаки у *Archaeopteryx* общие не с птицами, а с рептилиями:

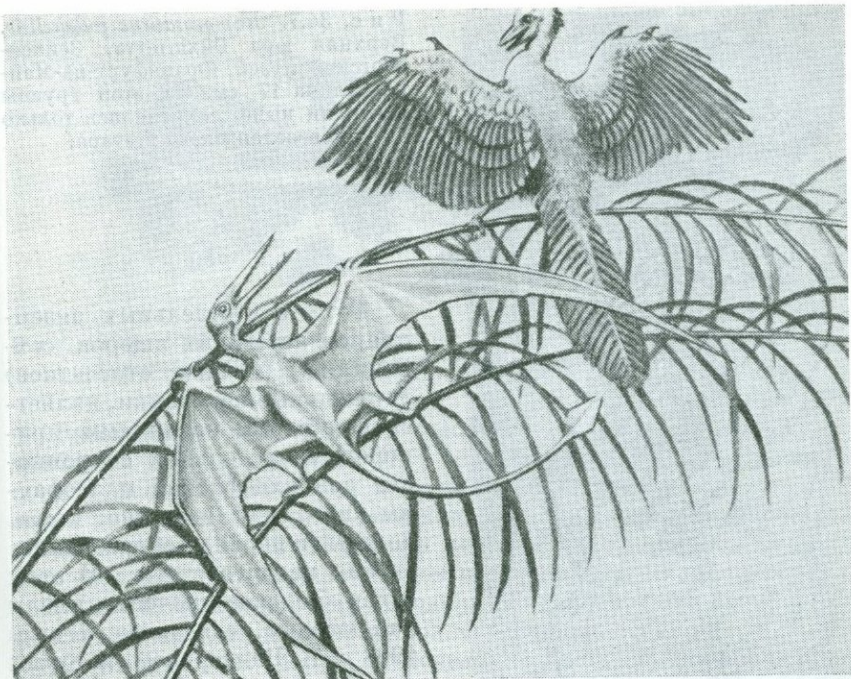
1. Строение костей крыла однозначно указывает на его происхождение от передних конечностей четвероногих, ибо — в отличие от крыльев почти всех современных птиц — у крыла археоптерикса было три пальца с полным числом фаланг и когтями и несросшиеся костями пястья.

2. У археоптерикса был длинный оперенный с двух сторон хвост (позвоночник доходил до его конца). Хвостовой отдел позвоночника состоял из 20—21 свободных позвонков. У современных птиц последние 6—8 позвонков срослись в один короткий пигостиль.

3. Челюсти археоптерикса были снабжены многочисленными зубами (так же, как челюсти вымерших позднемиоценовых птиц!); у современных птиц зубов нет.

4. Ребра пневматизированы и соединены с грудными позвонками менее жестко, чем у современных птиц.

Таким образом, археоптерикс занимает промежуточное положение между птицами и рептилиями. О том, что птицы происходят от рептилий, догадывались и раньше, еще не имея никаких прямых доказательств этому. Находка *Archaeopteryx* подтвердила предположения. Археоптерикс — одно из вызвавших горячие споры «недостающих звеньев». Естественно, что эти находки, сделанные именно в то время, когда Ч. Дарвин опубликовал свой основополагающий труд «Происхождение видов» (1858 г.), взволновали весь научный мир.



Р и с. 34.6. Реконструкция древней птицы *Archaeopteryx* (вверху) и длиннохвостого летающего ящера (*Rhamphorhynchus*) из южногерманской юры.

Размером *Archaeopteryx* с голубя или курицу. Питался он, видимо, плодами и ягодами, летал, по всей вероятности, плохо, скорее он планировал с одного дерева на другое, лишь изредка неуклюже взмахивая крыльями (рис. 34.6).

В отложениях зольнхофенской юры летающие животные представлены, помимо археоптерикса, также многочисленными *летающими рептилиями*. Найдено уже около 100 экземпляров этих летающих ящеров (птерозавров), большая часть которых отнесена к роду *Pterodactylus* (греч. птерон — крыло, дактилос — палец), напоминающему наших летучих мышей. Сильно удлинённый четвертый палец этих животных соединялся с телом летной перепонкой; хвост был очень коротким. О. Абель предполагал, что *Pterodactylus*, неуклюже взмахивая крыльями, мог летать над водой, охотясь за рыбами. В Зольнхофене обнаружено свыше 20 видов этих маленьких (размером от воробья до вороны) животных, что свидетельствует, видимо, об известной изолированности фауны, обитавшей на островах, подобно тому как мы наблюдаем это на островах Галапагос.

В противоположность *Pterodactylus*, *Rhamphorhynchus* обладал очень длинным хвостом. Вероятно, он умел хорошо летать (рис. 34.6).

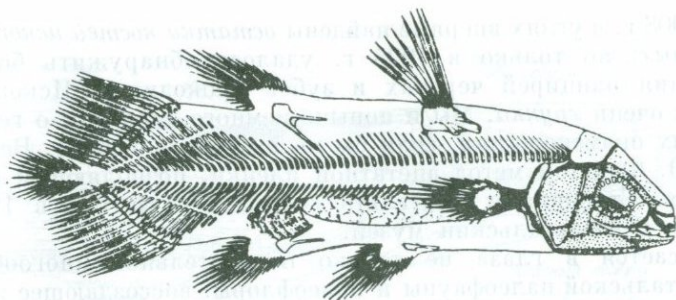


Рис. 34.7. *Homoeosaurus pulchellus*. Верхняя юра Эйхштетта, Зенкенбергский музей, Франкфурт-на-Майне. Длина 17 см. Из этой группы рептилий ныне сохранилась только новозеландская туатара.

То, что у отдельных экземпляров летающих ящеров сохранились (в виде отпечатков) летательные перепонки, является еще одним наглядным примером удивительной сохранности зольнхофенской палеофауны, ибо, как известно, кожа, волосы (и перья)—образования, весьма недолговечные. В этой связи большое значение имели наблюдения, сделанные еще в 1908 г. К. Вандерером, который изучал экземпляр *Rhamphorhynchus*, выставленный в дрезденском музее, и заметил наличие у него маленьких оспиновидных углублений. Исследование их продолжил в 1927 г. мюнхенский профессор Ф. Бройли. Оказалось, что оспиновидные углубления — не что иное, как волосяные сумки, т. е. карманы, в которых помещались корни волос. Следовательно, у *Rham-*

phorhynchus был волосяной покров. Это — еще одно свидетельство того, что летающие ящеры, хотя и относятся к рептилиям, были теплокровными животными! Предположения такого рода высказывались и раньше, на основании других признаков.

Находки относимой к группе клювоголовых рептилии *Homoeosaurus* (рис. 34.7) и кистеперой рыбы *Undina* (рис. 34.8) мы упомянем здесь прежде всего потому, что с их потомками — «живыми ископаемыми» мы снова встретимся в Новой Зеландии (туатара¹⁶) и Ист-Лондоне. Отпечаток *Homoeosaurus* (рис. 34.7) хранится в Зенкенбергском музее во Франкфурте-на-Майне (этот прекрасный музей был создан стараниями франкфуртского врача И. Зенкенберга).



Р и с. 34.8. *Undina acutidens*, кистеперая рыба из зольнхофенской юры. Реконструкция О. Рейса. Одна треть натуральной величины.

Экземпляры ископаемых, выставленные в Зенкенбергском и многих других музеях, могут создать впечатление о богатстве зольнхофенских плитчатых известняков различными видами фауны; в действительности известняки, за немногими исключениями, весьма бедны фауной. И только непрерывная в течение нескольких столетий добыча известняков и прежде всего внимательность рабочих в каменоломнях позволили извлечь эти сокровища на свет и передать их в руки коллекционеров.

Действительно, часто встречаются лишь рыбки величиной с сардину (*Leptolepis sprattiformis*), или, как их называют рабочие в карьерах, «золотые рыбки»; аптихи (т. е. крышечки, закрывавшие устья раковин) аммонитов; белемниты; морские лилии (*Saccocoma*). В Геологическом институте университета в Бреслау (ныне Вроцлав) хранился уникальный аммонит из рода *Oppelia*, в камере которого нашли 60 аптихов шестидесяти представителей рода *Oppelia*; это — или приплод, или пища аммонита. Нередко встречается столь непрочное мягкотелое животное, как медуза. Видовое название *admirandus*, «удивительный», так удачно выбранное Э. Хеккелем для превосходно сохранившегося экземпляра *Rhizostomites*, безусловно, могло бы характеризовать и многие другие зольнхофенские находки.

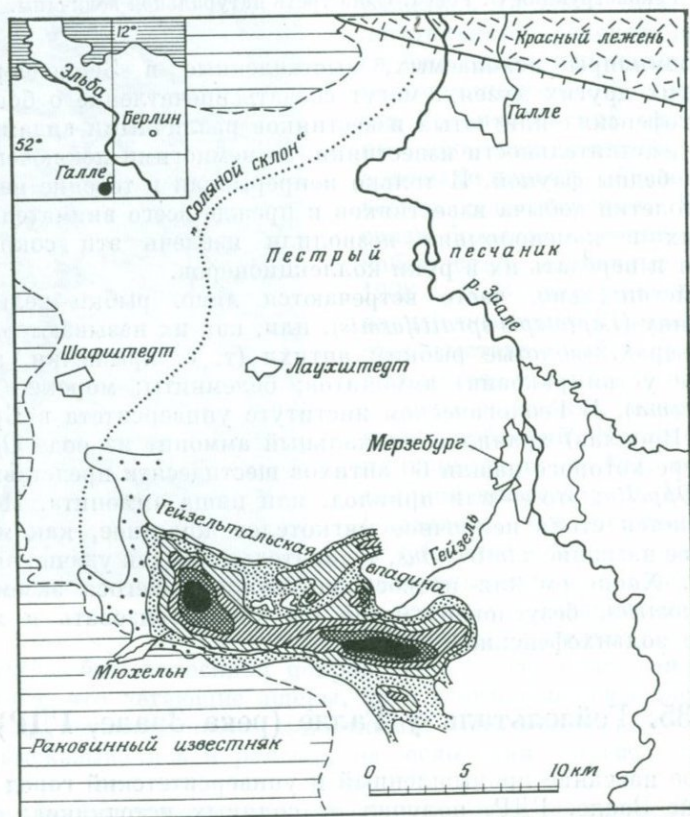
35. Гейзельталь у Галле (река Заале, ГДР)

Свое название промышленный и университетский город Галле на реке Заале, ГДР, получил от соляных источников; однако современное развитие города связано с разрабатываемыми в его окрестностях большими залежами бурого угля — сырья для крупных предприятий химической промышленности.

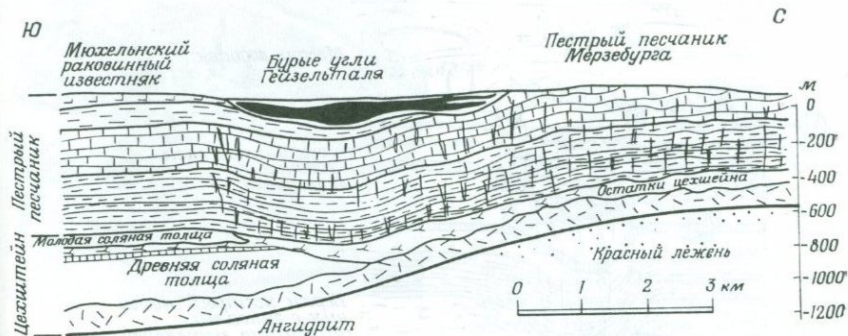
Гейзель — небольшой приток реки Заале — дал название этому буроугольному району (рис. 35.1). Разрабатываемый здесь в карьерах пласт угля местами имеет необычно большую мощность (до 120 м), но запасы его сравнительно ограничены.

В 1908 г. в углях впервые найдены *остатки костей ископаемых животных*; но только в 1925 г. удалось обнаружить большие скопления панцирей черепах и зубов крокодилов. Ископаемые остатки очень *хрупки*. Мы и поныне немного знали бы о гейзельтальских окаменелостях, если бы не разработанный И. Вейгельтом и Э. Фойгтом метод ацетатной пленки, позволяющей сохранить их. Стараниями Вейгельта создан и открытый в 1934 г. в Галле Гейзельтальский музей.

Бросается в глаза не только поразительное многообразие гейзельтальской палеофауны и палеофлоры, воссоздающее живую картину раннебуроугольного времени в Центральной Европе,



Р и с. 35.1. Геологическая обзорная карта района Галле с Гейзельтальской впадиной. В Гейзельтале глубина залегания нижней границы пласта бурого угля показана изогипсами (с интервалом 25 м); (черным показаны наибольшие глубины — пласт залегает ниже уровня моря!). Линия «соляного склона» отделяет соленосные области (на западе) от областей без соленосных отложений (на востоке). Близкое соседство углей с мюхельским раковинным известняком обусловило, по крайней мере частично, хорошую сохранность палеофауны.



Р и с. 35.2. Геологический поперечный разрез Гейзелтальской впадины. Цехштейновые слои каменной и калийной солей на глубине были частично растворены грунтовыми водами; вследствие проседания поверхности образовалась заболоченная впадина, заполнившаяся мощными отложениями торфа (а позже угля).

но и удивительная сохранность окаменелостей, ибо все находки сделаны непосредственно в буром угле. Нигде на земном шаре в самих углях не содержится столько палеофауны (тем более нередко даже с сохранившимися мягкими частями тела животных). Хотя не все экземпляры являются хорошими экспонатами, однако их научное значение исключительно велико. Причина хорошей сохранности многочисленных ископаемых заключается, видимо, в том, что грунтовые воды с соседних сложенных раковинным известняком возвышенностей стекали в болото и нейтрализовали разрушительное действие агрессивных гумусовых кислот. К тому же погибшие животные быстро покрывались слоем ила.

Гейзелтальские бурые угли — как и большинство других углей — не что иное, как ископаемые торфяники. Возраст их уже по первым находкам палеофауны был определен как раннетретичный, то есть раннебуроугольный, а точнее, эоценовый. Углям, следовательно, около 40—50 млн. лет; они древнее бурых углей Лаузица и Кёльнской впадины.

Поразительно большая мощность гейзелтальского угольного пласта обусловлена причинами, в связи с которыми нам придется еще раз упомянуть о каменных солях, развитых в районе Галле. Соленосные породы есть и в Гейзелтале, вернее, они были развиты здесь, правда, на большой глубине (800—900 м), под мощной толщей отложений пестрого песчаника. В эоцене эти цехштейновые соли (верхняя пермь) медленно выщелачивались грунтовыми водами, что обусловило постепенное проседание земной поверхности на 200—300 м. Таким образом возникла впадина-болото, где образовывались все новые и новые слои торфяников, из которых впоследствии произошел бурый уголь. Он спрессован значительно больше, чем первичный торф, так что 100-метровому слою



Р и с. 35.3. Поперечный разрез заполненной водой воронки обрушения, возникшей в третичное время в результате выщелачивания гипсов в верхнем пестром песчанике. Многие животные погибли именно в таких воронках, где они пили воду.

торфяника должен соответствовать значительно более мощный слой торфа (рис. 35.2).

В обзоре, подготовленном в связи с 25-летием Гейзельтальского музея (1959 г.), Г. Крумбигель сообщил, что число находок позвоночных в Гейзельтале достигает 10 000. Большинство их сделано на сравнительно небольшой площади, расположенной в центре угольного района, главным образом в карьерах Леонхардт и Сесиль.

Каковы же причины столь огромного скопления палеофауны? Помимо упомянутых выше благоприятных условий для сохранения окаменелостей, такой причиной, видимо, служило и то, что определенные участки гейзельтальских болот особенно привлекали животных, и именно здесь они погибали. Скорее всего они приходили сюда на водопой; вода собиралась местами в округлых «прудах», образовывавшихся в небольших воронках обрушения. Дело в том, что в Гейзельтале (долина реки Гейзель) распространены не только глубокозалегающие соли цехштейна, но и — непосредственно под угольным пластом — гипсоносные отложения верхнего пестрого песчаника, также выщелачивавшиеся грунтовыми водами. Все это и приводило к образованию на поверхности круглых, с крутыми стенками «провалов» (рис. 35.3). Некоторые из мелких прудов временами, возможно, пересыхали, и тогда их постоянные обитатели (например, рыбы и крокодилы) погибали; так возникли «кладбища» карьеров Сесиль, Неймарк-Зюд и других. Благодаря счастливой случайности Вейгельт, до того как он приступил к раскопкам в Гейзельтале, имел возможность изучить в Техасе аналогичные современные «кладбища» — результат губи-



Р и с. 35.4. Кожа лягушки с сохранившимися ядрами клеток. Эоцен, карьер Сесиль. Увеличено в 600 раз.



Р и с. 35.5. Остаток черепа древнего протея (*Palaeoproteus klatti* Hegge) из эоцена Гейзельтале (длина 11 см). Пример нередко плохой сохранности остатков скелетов; см. также рис. 11.10.

тельного воздействия на животных резкого похолодания. Свои наблюдения, сделанные в районе озера Смитерс (где погибло много домашнего скота и крокодилов), он использовал при изучении палеофауны позвоночных в Гейзельтале.

Находки представлены множеством родов животных. Из-за хрупкости ископаемых остатков кости часто сплюснены и определение их связано со значительными трудностями. Иногда они даже вводят исследователя в заблуждение. Так, Вейгельт в 1929 г. описал один экземпляр как *Loricotherium* (броненосец), однако уже в последующей публикации он отметил, что «*Loricotherium waltheri* — не броненосец, а поясохвост», то есть отнес его не к млекопитающим, а к рептилиям. Точно так же маленькая, не более 4 см в длину «полуобезьяна» *Ceciliolemur* впоследствии превратилась в насекомоядное. Возможно, что ревизии подлежат и некоторые другие определения, однако это ничего не меняет в общей картине гейзельтальской фауны и отнюдь не умаляет ее выдающегося научного значения.

Из беспозвоночных следует упомянуть прежде всего брюхоногих и насекомых. Из насекомых встречаются стрекозы, кузнечики, тараканы, термиты, сетчато-, дву- и равнокрылые, а также жуки. Жуки, по данным Г. Хаунта, представлены 35 родами; особенно обильны листоеды, мертвоеды, жужелицы и щитоноски. Представляет интерес находка личинок мух в трубчатых костях тапировидного *Lophiodon*. Это один из примеров поразительной сохранности остатков животных в гейзельтальских углях, причем остатков очень нежных и хрупких, и вместе с тем свидетельством выдающегося успеха Фойгта, разработавшего метод ацетатной пленки. Фойгту принадлежит заслуга определения волосатика, *Gordius*, — у этой находки сохранился лишь волокнистый слой кутикулы. К уникальным находкам нежнейшего органического вещества принадлежат и обнаруженные в Гейзельтале остатки



Р и с. 35.6. Реконструкция древнего протейя. Длина 20—30 см. Ср. рис. 35.5!

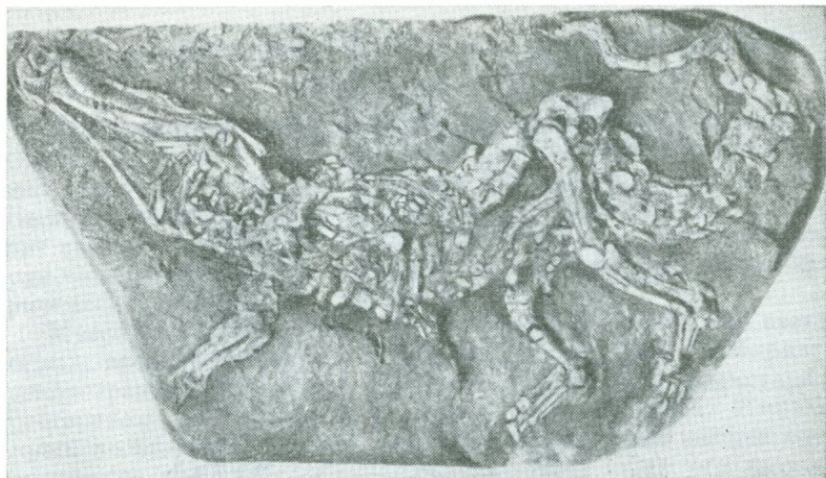
мускулатуры насекомых, рыб и т. д., эпителиальные клетки лягушек (рис. 35.4), эритроциты ящериц.

1500 находок рыб представлены тремя видами мелких хищников (лосось, щука и окунь), обитавших в реках и старицах. Нередко находят и их отолиты, по кольцам роста которых Фойгт установил, что в те времена в году было два засушливых и два дождливых периода. Однако высказанное в связи с этим предположение о существовании экваториального климата с двукратным стоянием солнца в зените представляется малообоснованным.

Лягушки — в ископаемом состоянии встречающиеся обычно весьма редко — в Гейзельтале представлены 14 родами. Помимо частей скелета, сохранилась частично и кожа, на которой удается различать отдельные детали строения (железы, клетки и т. д.) (рис. 35.4). Найдены многочисленные экземпляры протейя *Palaeoproteus* (ср. рис. 35.5 и 35.6), свыше 200 ящериц, 100 змей (также довольно редко обнаруживаемых в ископаемом состоянии), в том числе одна, принадлежащая к гигантским неядовитым змеям *Paleryx ceciliensis*, длиной 2,3 м с 243 позвонками, далее сотни черепов, целые *скелеты крокодилов* (как аллигаторов с короткими мордами, так и длинномордых *Weigeltisuchus geiseltalensis*, рис. 35.7) иногда еще с камнями в желудке и даже с яичной скорлупой во внутренностях.

Не удивительно, что в этом необычном местонахождении сохранились и *птицы* (скелеты и даже перья), которые обычно сохраняются весьма редко. Находки дрофы (*Palaeotis weigelti*) указывают на то, что близости от болота была степь. И напротив, обнаруженная в 1954 г. гигантская (ростом 2 м) бегающая птица *Diatrypa* очень напоминает живущего в густых лесах современного казуара.

То, что многочисленные, частично очень мелкие зубы, черепа и даже полные скелеты *млекопитающих* принадлежат, как правило, к вымершим группам, не удивительно, ибо этот высокоразвитый тип животных претерпел в третичном периоде почти взрывное развитие с быстрым расцветом и угасанием постоянно изменявшихся форм. Поэтому раннетретичные находки имеют огромное значение для изучения истории развития млекопитающих. Длинный список этих находок начинается с сумчатой крысы *Peratherium* — представителя сумчатых, с которыми мы сегодня встречаемся только в Австралии и Америке, главным образом в Южной



Р и с. 35.7. *Weigeltisuchus geiseltalensis* Kuhn, крокодил из Гейзельталя.
Длина экземпляра более 1 м.

Америке. Далее следуют древние летучие мыши, 8 видов древних хищных зверей (*Creodonta*, вымершая форма современных хищников) и копытные животные. Из последних наиболее известна полностью сохранившаяся древняя лошадка, ныне украшающая герб Гейзельтальского музея. Как и все раннетретичные предки лошадей, она была маленькой (высотой всего 40 см) и не однокопытной, как наша лошадь, а имела на передних ногах четыре, а на задних три пальца с копытами на каждом. К непарнокопытным принадлежит также довольно часто находимый *Lophiodon*, крупнейшее млекопитающее гейзельтальского эоцена (длина 2,5 м) — предок современного тропического тапира (рис. 35.8). Уже в 1912 г. по остаткам челюстных костей *Lophiodon* заключили, что гейзельтальские угли должны иметь раннетретичный возраст.

Наконец, следует упомянуть и о скелетах иногда очень маленьких полуобезьян, от которых произошли лемуры и долгопяты. Ныне полуобезьяны, живущие на деревьях, обитают в основном на Мадагаскаре.

Нельзя забывать, что до нас дошла лишь совсем крошечная часть этого необыкновенно богатого животного мира. Только некоторые из гейзельтальских животных являлись обитателями болота, но все они в нем погибли. Предположение о том, что в определенные времена года климат был засушливым и что животных привлекала в Гейзельталь именно вода, несомненно, оправданно. То, что климат был достаточно теплым, доказывают находки крокодилов, огромных змей, некоторых насекомых и растений. Находки последних не столь сенсационны, как находки



Р и с. 35.8. Реконструкция эоценового заболоченного леса в Гейзельтале. На переднем плане семья растительноядных тапировидных *Lophiodon*. На большой *Sequoia* сидит птица-носорог *Geiseloceras* (фреска в Гейзельтальском музее).

животных, ибо угли обычно всегда заключают растительные остатки (чаще всего пыльцу и споры). Из найденных в Гейзельтале растений следует упомянуть прежде всего мамонтовы и другие хвойные деревья (болотный кипарис *Taxodium*, *Glyptostrobus* и другие), большие пальмы и деревья с млечным соком. У этих деревьев древесина большей частью разрушена, сохранились только трубки, по которым проходил млечный сок (горняки называют их «обезьяньими волосами»). Благодаря наличию в углях серы эти трубки претерпели естественную «вулканизацию» (как при современной технической обработке природного каучука).

В эоцене в Гейзельтале произрастала, видимо, такая же пышная растительность, как ныне в болотах Эверглейдс во Флориде. Но климат на юге Флориды скорее субтропический, а не тропический, об этом же свидетельствуют и некоторые деревья Гейзельтала, приспособившиеся к не совсем теплomu климату (ива, дуб). Таким образом, климат Гейзельтала в эоцене был, вероятно, теплым субтропическим.

36. Американский музей естественной истории Нью-Йорк (США)

Для ученого Нью-Йорк сам по себе интереса не представляет. Однако даже тот, кто находит этот современный Вавилон с его изнуряющей суетой неприятным и предпочитает Эмпайр-Стейт-Билдингу дом Гёте в Веймаре или виллу Дарвина в Дауне, изменит свою оценку, увидев Американский музей естественной истории — вероятно, *самый большой и интересный естественноисторический музей в мире*.

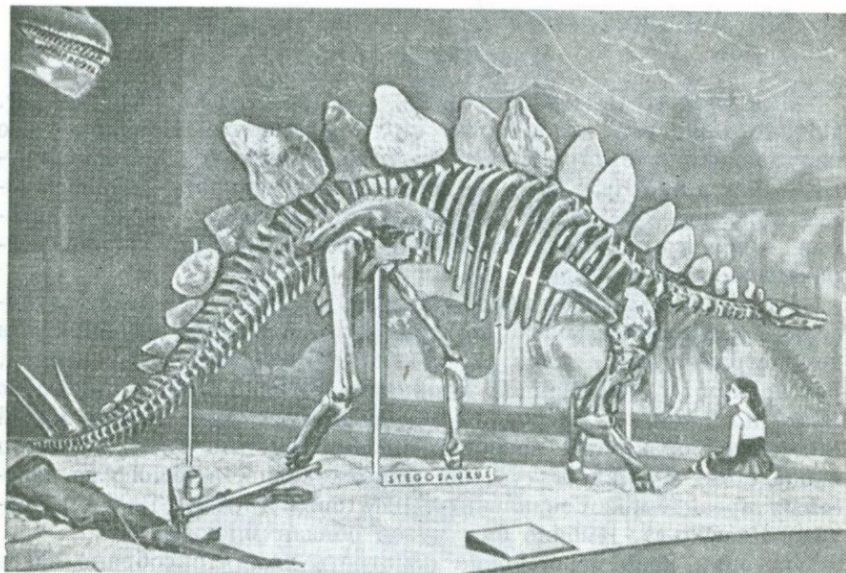
Музей расположен в центре Манхаттена. Это комплекс светлых серых, несколько помпезных и некрасивых зданий с лабиринтом демонстрационных залов и других помещений, планетарием, рестораном и собственной станцией метрополитена. *Ежегодно музей посещают 3 миллиона любознательных*. Уже внешне музей отличается от других подобных музеев тем, что у его главного входа стоит конная статуя, но не полководца, а одного из известных президентов Соединенных Штатов (с 1901 по 1906 г.) Теодора Рузвельта. Именно ему музей обязан многим.

За один день невозможно осмотреть все, что собрано здесь за 100 лет (музей был основан в 1869 г.). Состоятельные американцы успокаивают свою совесть великодушными пожертвованиями, часть их попала и в фонд музея. Огромное впечатление даже на палеонтологов производят большие *диорамы* не только американских, но и африканских, азиатских и других млекопитающих, птиц и т. д. Здесь можно увидеть в их естественном окружении тигров из заснеженных сибирских лесов, кондоров из южноамериканских Анд, африканских львов и антилоп. При этом каждое животное в диораме представлено не *одним*, а многими экземплярами, часто вы увидите целые стада обезьян, антилоп и других животных.

Высокой оценки заслуживают также очень наглядные общепалеонтологические экспозиции по зоогеографии, экологии, эволюции и т. д. Запасы выдающихся экспонатов кажутся неисчерпаемыми; вряд ли где-нибудь есть еще такая полная (и при том интересная) коллекция чучел обезьян (60 видов!). Всего в музее выставлено 210 тыс. млекопитающих.

Жемчужиной палеонтологической коллекции являются залы с ископаемыми позвоночными, производящие огромное впечатление даже на дилетантов: зал Осборна с третичными (и четвертичными) млекопитающими и прежде всего два зала с завраями. Демонстрируемые посетителям скелеты или черепа немногочисленны, но это, как правило, совершенно уникальные находки.

В первом зале демонстрируются *древние динозавры*, здесь показана также история происхождения этих «ужасных ящеров». Далекое не все представители этих впоследствии *гигантских* животных и их исходных форм из других групп рептилий и амфибий (также выставленных в этом зале) отличались большими

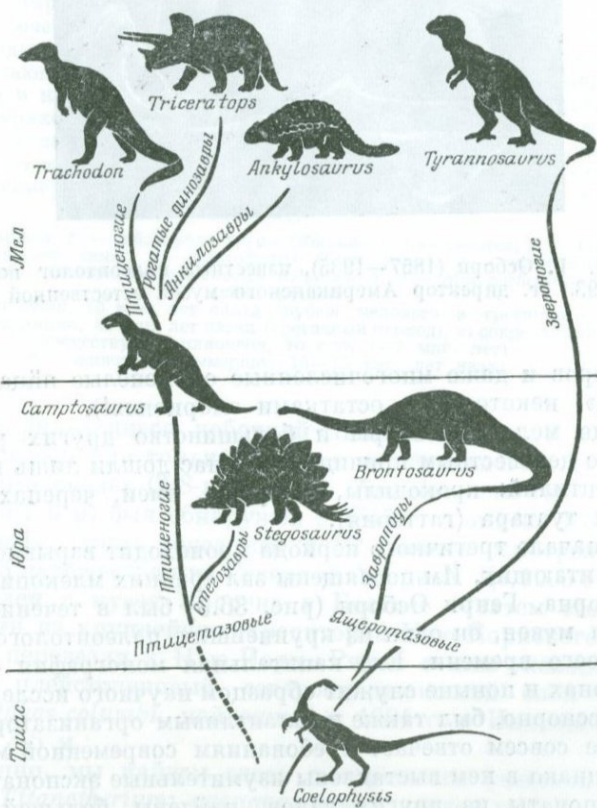


Р и с. 36.1. *Stegosaurus* — один из гигантских динозавров Нью-Йоркского музея; верхняя юра западной части Северной Америки. Растительноядное животное с крупными защитными пластинами; очень маленький головной мозг.

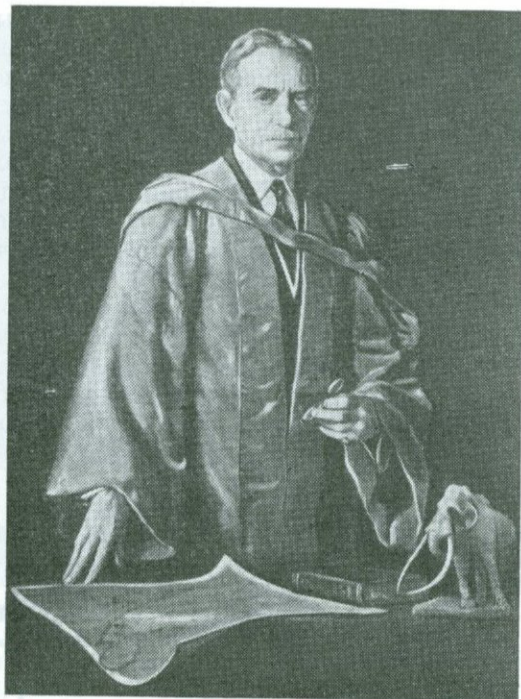
размерами. Однако значение их для изучения эволюции огромно. Среди древних, пермских, рептилий известен *Dimetrodon* из Техаса с гигантскими удлиненными отростками позвонка, назначение которых пока неизвестно. Одна глыба породы, привезенная также из Техаса, заключает 16 черепов амфибии *Trimerorhachis*. Важнейшие находки рептилий из Южной Африки представлены *Plateosaurus*, который принадлежит уже к настоящим динозаврам и служит переходным звеном к трем следующим выставленным посередине зала гигантским скелетам из верхней юры западной части Северной Америки: *Stegosaurus* (рис. 36.1) с большими треугольными костными пластинами вдоль позвоночника, 20-метровый *Brontosaurus* из нижнемеловых отложений Техаса (рис. 36.2), длина отпечатка конечности которого составляет 0,5 м (отпечаток хорошо сохранился на известняковой глыбе, на которой виден и трехпалый след *Allosaurus*), и, наконец, сам *Allosaurus*, значительно меньших размеров, чем *Brontosaurus*, но с зубами плотоядного животного и, следовательно, более сильный, чем растительноядный *Brontosaurus*.

В следующем зале с «поздними динозаврами» представлены три экземпляра мелового времени, причем опять-таки уникальные; в центре, образуя главную группу из формации Лейнс западной части Северной Америки, выставлены: 5,5-метровый *Tyrano-*

nosaurus rex (рис. 36.2), самый большой из известных хищников (следовательно, крупнейший хищник, так как современные настоящие «плотоядные» являются млекопитающими, а динозавры были рептилиями!); *Triceratops* (рис. 36.2) с тремя рогами и огромным костным воротником и, наконец, два растительноядных с утиными носами траходонта высотой более 5 м. Другие скелеты смонтированы вдоль стен, частично так, как они были найдены в карьерах. Некоторые из прекрасных скелетов траходонтов (с частично сохранившейся кожей — большая редкость!) и заключенных в панцири динозавров (*Styracosaurus* с колючим воротником) происходят из меловых отложений Альберты. Следует упомянуть и об окаменелой мумии траходонта из Вайоминга, а также о богатых находках фауны, сделанных в 1920 г. в Монголии экспедицией Эндрию, прежде всего о *Protoceratops* — относительно небольшом предшественнике рогатых динозавров. Экспонируются черепа



Р и с. 36.2. «Ужасные ящеры» (динозавры) были представлены множеством самых различных форм, как растительноядных, так и плотоядных. Таз у некоторых групп напоминает таз птиц, например у двуногого *Trachodon*,



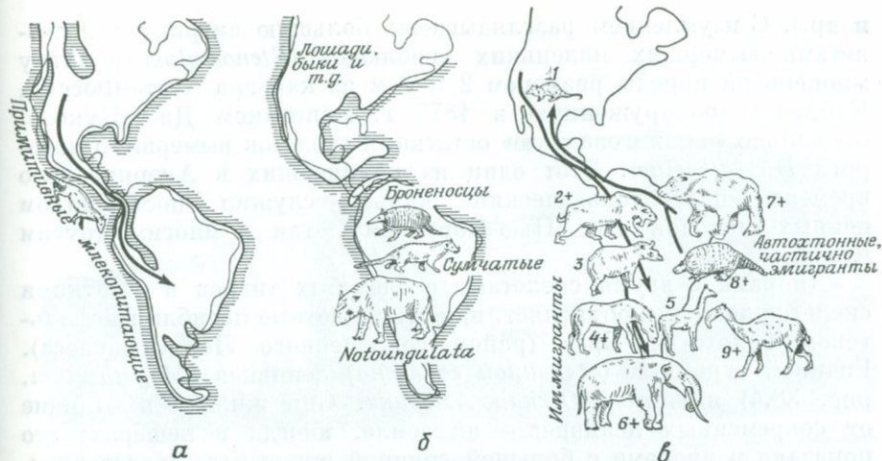
Р и с. 36.3. Г. Осборн (1857—1935), известный палеонтолог позвоночных в 1908—1933 гг. директор Американского музея естественной истории

всех размеров и даже многочисленные окаменелые яйца (иногда в «гнездах», некоторые с остатками эмбрионов!).

В конце мела динозавры и большинство других рептилий вымерли по неизвестным причинам. До нас дошли лишь немногие группы рептилий: крокодилы, ящерицы, змеи, черепахи, новозеландская туатара (гаттерия).

Зато в начале третичного периода происходит взрывное развитие млекопитающих. Им посвящены зал «ранних млекопитающих» и зал Осборна. Генри Осборн (рис. 36.3) был в течение 25 лет директором музея, он один из крупнейших палеонтологов позвоночных своего времени. Его капитальная монография об ископаемых слонах и поныне служит образцом научного исследования. Осборн, бесспорно, был также и талантливым организатором. Зал Осборна не совсем отвечает требованиям современной музейной техники, однако в нем выставлены изумительные экспонаты. Они, как и экспонаты из других залов, найдены большей частью во время экспедиций, организованных дирекцией музея.

В этом зале выставлены прежде всего мастодонты, известные также в Европе, например в третичных отложениях Майнцского



Р и с. 36.4. Картина современной фауны Северной и Южной Америки не в последнюю очередь связана с историей центральноамериканского моста суши. Образовавшийся 70 млн. лет назад, этот мост облегчил миграции древних млекопитающих в Южную Америку (а). В третичный период (б) мост был затоплен и на обоих континентах развивались самостоятельные фауны (в Южной Америке прежде всего сумчатые и броненосцы, а также ныне вымершие «южные копытные» — Notoungulate). С конца третичного времени (в) снова возникает мост суши, способствовавший оживленному обмену фауной, причем североамериканские формы оказались более выносливыми и устойчивыми.

1 — сумчатые крысы; 2 — саблезубые тигры (*Smilodon*); 3 — тапиры; 4 — лошади (*Hirpidion*); 5 — древние ламы; 6 — мастодонты (*Cuvieronius*), 7 — гигантские ленивцы (*Megatherium*); 8 — гигантские броненосцы (*Glyptodon*); 9 — *Macrauchenia*; † — вымершая группа.

а) древний мост суши, 70 млн. лет назад (рубеж мелового и третичного периодов); б) длительная изоляция, 60 млн. лет назад (третичный период); в) современный мост суши (существует с плиоцена, то есть 3—5 млн. лет). † — животные, вымершие 10—15 тыс. лет назад.

бассейна, и являющиеся побочной линией слонов. В Северной Америке они вымерли только к концу четвертичного оледенения. Самый полный скелет (2,8-метрового *Mastodon americanus* с клыками длиной 2,6 м) был обнаружен в 1845 г. и описан Уорреном. Скелет произвел тогда сенсацию, и Ч. Лайель осмотрел его во время своего путешествия по Северной Америке. До 1906 г. скелет был выставлен в музее Уоррена в Бостоне — затем его купил Морган, один из крупнейших кредиторов Нью-Йоркского музея, и экспонат перевезли в Нью-Йорк. Рядом с ним экспонируется настоящий плейстоценовый североамериканский слон ростом 3,2 м — *Elephas columbi*, найденный в 1904 г. в Индиане; длина его клыков 3,5 м.

Естественно, мы найдем здесь и огромного (высотой 2,5 м) вымершего *Titanotherium*; экспонируемый скелет выкопан экспедицией, организованной в 1892 г. музеем в Южную Дакоту. Весьма интересны экспозиции о развитии в третичном периоде млекопитающих (лошадей, носорогов, тапиров, *Titanotherium*

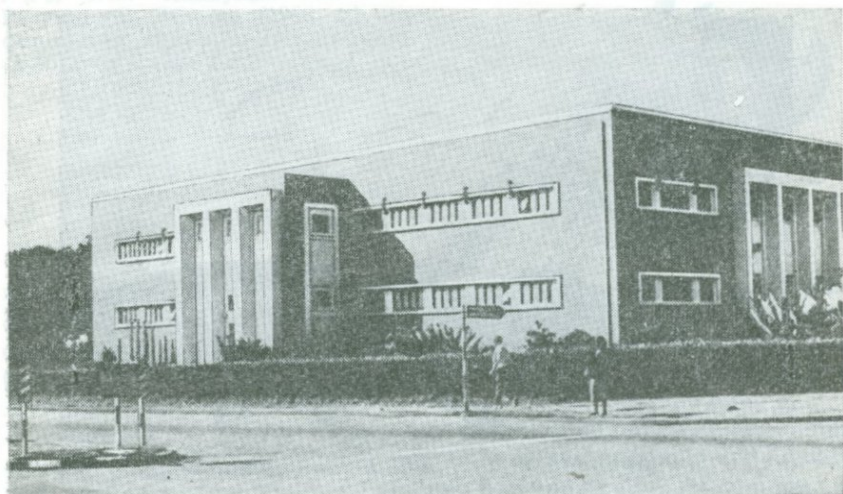
и др.). С изумлением разглядываешь большую витрину с 9 скелетами вымерших маленьких верблюдов (*Stenomylus*) и плиту миоценовой породы размером 2×3 м из карьера Агата-Фоссил, Небраска (обнаруженную в 1877 г. капитаном Дж. Куком), буквально «нашпигованную» остатками скелетов вымершего носорога *Diceratherium*. Этот один из крупнейших в Америке того времени «палеонтологический» карьер служил поставщиком ценных находок как Нью-Йоркскому, так и многим другим музеям.

Диорама с двумя скелетами саблезубых тигров и остатками скелетов ленивцев объясняет, как эти животные погибли в асфальтовом болоте Ла-Бреа (район современного Лос-Анджелеса). Родиной огромных (величиной со слона) ленивцев (*Megatherium*, рис. 36.4) является Южная Америка. Они жили — в отличие от современных ленивцев — на земле, иногда в пещерах; это показано в диораме с большой группой животных, представленных различными видами. Отдельные скелеты отражают мир других древних млекопитающих Южной Америки, и прежде всего вымерших южных копытных (рис. 36.4). Длительная изолированность Южной Америки была нарушена только в конце третичного периода благодаря образованию центральноамериканского моста суши (рис. 36.4).

37. Ист-Лондонский музей с первой находкой — латимерии (Южная Африка)

Ист-Лондон не имеет ничего общего ни с Лондоном, ни даже с восточным Лондоном. Правда, его главная улица — Оксфорд-Стрит и другие английские названия напоминают о британских основателях этого города (1847 г.). Однако рядом с английскими названиями всегда стоят названия на языке африканс, и каждый второй житель города темнокожий. Мы находимся в Капской провинции Южной Африки. Ист-Лондон в противоположность своему прародителю настоящему Лондону, производит впечатление приятного, светлого, хотя и несколько провинциального города. Маленькие, небольшие и несколько высоких домов самого различного стиля выстроены вдоль широких улиц.

Расположенный в конце длинной Оксфорд-Стрит музей размещен в утопающем в зелени новом здании из красного кирпича (рис. 37.1). Случайный посетитель, возможно, найдет его коллекции несколько провинциальными, хотя богатыми и весьма наглядными. В экспозициях музея отражены этнография, доисторический период, геология и зоология. Диорама, как правило, старомодны. Некоторое своеобразие вносят сотни пестрых морских животных, прежде всего многочисленные чучела рыб. Ведь мы как-никак находимся на побережье Индийского океана.

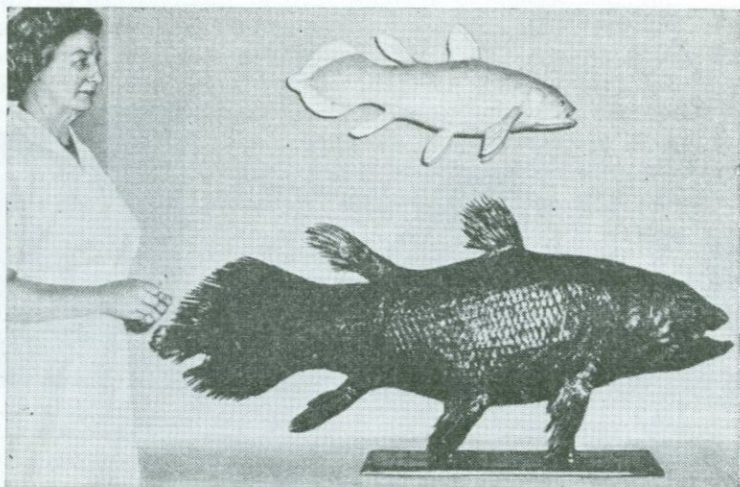


Р и с. 37.1. Ист-Лондонский музей.

Но все эти экспонаты не интересуют спешащего геолога, который прибыл из Европы в Южную Африку с одной-единственной целью — взглянуть на уникальную и поистине *всемирно известную* рыбу *Latimeria chalumnae* Smith (рис. 37.2) — хотя не живую, но все же принадлежащую к современному виду. В музее она выставлена во всем своем великолепном чешуйчатом панцире. Всемирной известностью эта рыба пользуется, правда, только у зоологов и палеонтологов, но немногие из них знают, что первый экземпляр латимерии хранится в Ист-Лондонском музее. Во всяком случае, эта находка вызвала большую сенсацию, потому что латимерия принадлежит к группе *Coelacanthii*, вымершей, как и все кистеперые, уже в меловое время, то есть 70 млн. лет назад.

Заголовки газет: «мир буквально потрясен» находкой латимерии, конечно, сильно преувеличены, как и сообщения, что «эта находка — самое волнующее событие естественной истории XX века» (хотя бы потому, что век еще не кончился). Но то, что она производит огромное впечатление на естествоиспытателя, — несомненно, верно. Поэтому *Latimeria* по праву является первым экспонатом, с которым посетитель встречается при входе в музей. Здесь мы видим витрины, воспроизводящие волнующую историю открытия латимерии, описанную в увлекательной книжке профессора Дж. Смита «Прошлое выходит из моря».

Рыба была названа Смитом латимерией в честь директора музея мисс М. Куртенай-Латимер; видовое название указывает на место находки (рыба была поймана близ устья реки Халумна, впадающей в океан южнее Ист-Лондона). Именно там 22 декабря

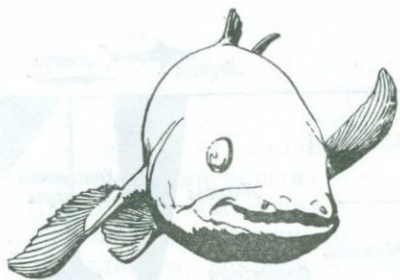


Р и с. 37.2. Мисс Куртенай-Латимер с первой находкой *Latimeria chalumnae* (внизу).

1938 г. траулер «Нерина» наряду со многими другими рыбами выловил на глубине 75 м и эту незнакомую серебристо-серую рыбу длиной полтора метра. Капитан траулера известил о находке музей, и мисс Куртенай-Латимер тотчас обратилась за советом к профессору химии (!) Смигу. Смит тотчас оценил уникальность находки: *давно вымершая рыба, очевидно, еще живет у берегов Южной Африки!*

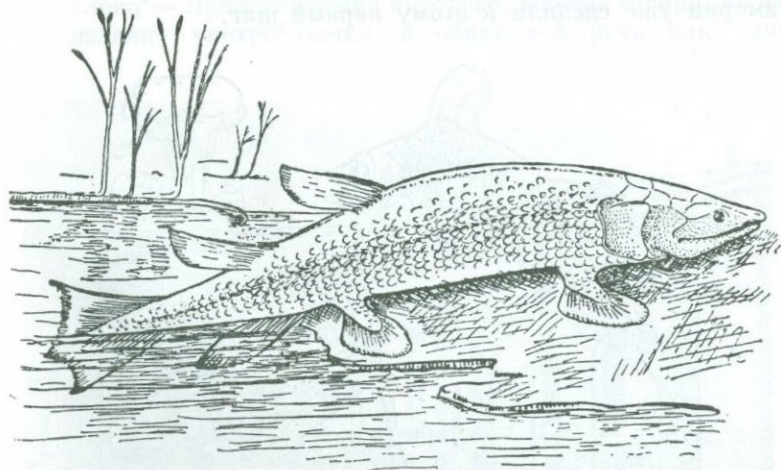
Мы должны быть благодарны Смигу, ныне покойному, и за его старания добыть еще несколько экземпляров латимерии. Им была напечатана на португальском, английском и французском языках листовка, обещавшая рыбакам награду в 100 фунтов стерлингов за доставленную в музей рыбу. Но прошло 14 лет, и только в конце 1952 г. английский капитан Хант сообщил, что у острова Анжуан (Коморские острова между Мадагаскаром и Восточной Африкой) поймана *вторая латимерия*. Смит рассказывает, с какими трудностями удалось сохранить рыбу. Стояла страшная жара и требовалось предпринять самые срочные меры для спасения находки. С тех пор у Коморских островов поймано больше десятка латимерий, которые обитают, очевидно, на глубине 150—800 м. Французские исследователи изучили их весьма детально. Последующие находки уже не вызвали такой сенсации, как ист-лондонский экземпляр, хотя их научная ценность очень велика. Ведь латимерии дают возможность палеонтологу непосредственно изучить строение и образ жизни животного (рис. 37.3), давно известного по находкам в ископаемом состоянии. Палеонтологи испытывают известное удовлетворение от того, что правильно реконструируют

Р и с. 37.3. Плывающая *Latimeria*.
Рисунок Г. Валерта (1968 г.) по
фотографии Стивенса. Наблюдения
за образом жизни *Latimeria* все еще
немногочисленны.

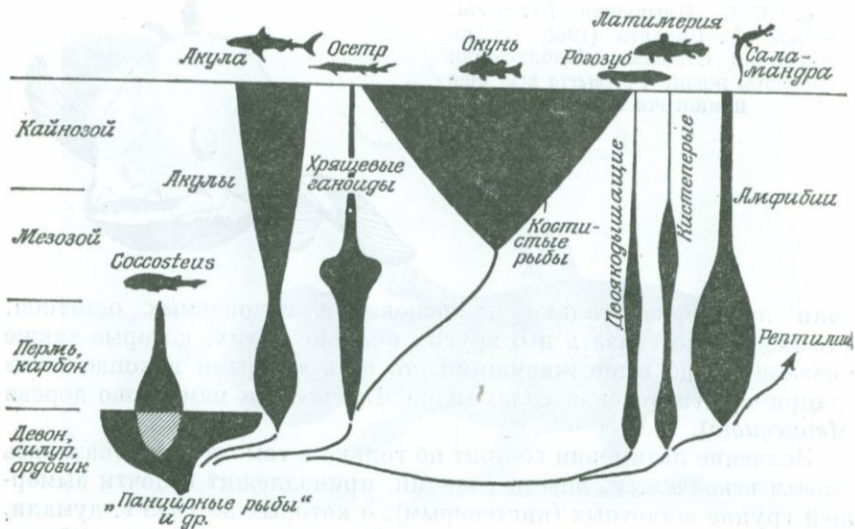


вали латимерию только на основании ископаемых остатков. Это же можно сказать и о других окаменелостях, которые также оказались еще ныне живущими, то есть «живыми ископаемыми» (например, гигантская саламандра *Andrias* или мамонтово дерево *Metasequoia*).

Значение латимерии состоит не только в том, что она оказалась живым ископаемым, иными словами, принадлежит к почти вымершей группе животных (кистеперым), о которых до 1938 г. думали, что они вообще давно вымерли. Значение латимерии состоит также в том, что кистеперые занимают важнейшее место в схеме эволюционного развития. От них берет начало частично уже обитавшие на суше амфибии, а следовательно, и остальные более высоко организованные позвоночные: рептилии, птицы и, наконец, млекопитающие. *Crossopterygii* получили свое название по кистеобразным плавникам, из которых в течение девона развились конечности первых сухопутных четвероногих (рис. 37.4). И другие признаки, например строение черепа и позвоночника,

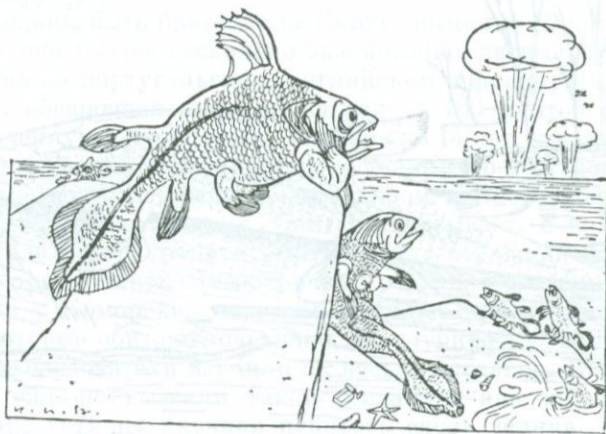


Р и с. 37.4. Двойкодышащие девонские кистеперые (*Eusthenopteron*) развились в высших позвоночных. Сильные парные плавники позволяли сделать первые «попытки ходьбы» по пляжам; в девоне плавники превратились в конечности сухопутных амфибий, рептилий (и млекопитающих).



Р и с. 37.5. Родословное дерево рыб (с побочной ветвью амфибий, происшедших от девонских кистеперых).

указывают на близкое родство латимерии с высшими позвоночными. Следовательно, Crossopterygii действительно являются *исходной группой* (рис. 37.5). Шутливое название этих рыб «древние четвероногие» (так названа, кстати, одна из книг Смита), конечно, неверно; неверно и то, что они «вышли из моря»; но предки латимерии уже сделали к этому первый шаг.



Р и с. 37.6. *Latimeria* в карикатуре (после взрыва первой водородной бомбы на атолле Эниветок в 1952 г.): «Если так пойдет и дальше, нам придется еще раз начать развитие от древней рыбы до человека».

Кистеперые, очень похожие на латимерию, известны уже с девона, то есть с древних периодов истории Земли. Латимерия, следовательно, представляет удивительно долго живущую группу животных, но одновременно и «тупик» в эволюционном развитии. Ибо не латимерия и не подгруппа *Coelacanthi* (к которым относится латимерия) являются собственно предками высших животных, а другая ветвь кистеперых — *Rhipidistia*, обитавших в пресной воде и, кроме жабр, имевших уже легочные мешки. Значит, латимерия не входит в родословную человека, вопреки мнению художника карикатуры (рис. 37.6).

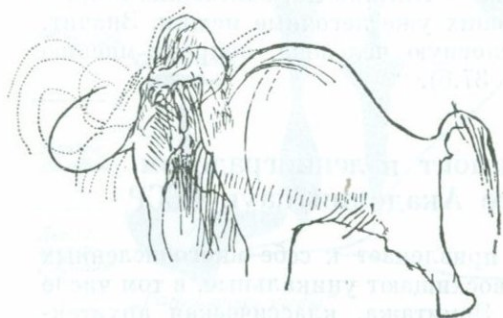
38. Березовский мамонт в ленинградском Зоологическом музее Академии наук СССР

Ленинград уже много лет привлекает к себе многочисленных иностранных гостей, которых восхищают уникальные, в том числе минералогические сокровища Эрмитажа, классическая архитектура эпохи Петра Первого, монументальный памятник основателю города. Однако в Зоологический музей Академии наук СССР туристы попадают редко, хотя часто обращают на него внимание, проходя мимо него (он расположен на северном берегу Невы напротив здания Адмиралтейства и конной статуи Петра Первого и виден издали, рис. 38.1). Немногие знают, что там выставлен найденный на реке Березовка известный ископаемый мамонт.

Мамонт — вероятно, *самое популярное из вымерших животных*, ибо это слово — происхождение которого, вообще говоря, не известно — издавна употребляется в обиходной речи как символ



Р и с. 38.1. Зоологический музей Академии наук СССР, Ленинград.



Р и с. 38.2. Художественные изображения мамонтов.

Слева — 30-сантиметровый рисунок [испражняющегося мамонта, нацарапанный на слоновой кости: неизвестный художник начала каменного века (15 тыс. лет назад), Ла-Мадлен (Дордонь, Франция). Справа — стилизованная скульптура из кусков железа.



Р и с. 38.3. Мамонт и художники каменного века в карикатуре. Позднее признание: (слева) «Смотри, пострел, если ты еще раз изрисуешь мою пещеру мамонтами, тебе попадет»; (справа) «Перед нами гениальный рисунок художника ледникового периода».

гигантизма. Это не совсем справедливо — мамонты далеко не самые крупные ископаемые животные, наиболее часто встречающийся вид чуть крупнее современных слонов. И все же мы говорим о мамонтовых деревьях, мамонтовой пещере, мамонтовых источниках. Мамонты имели, особенно в прошлом, известное экономическое значение, поскольку значительную часть *слоновой кости* давали именно бивни ископаемых мамонтов.

Мамонт — одно из наиболее распространенных ископаемых животных. За последние 250 лет в Сибири найдены бивни приблизительно 20—25 тыс. животных. Поскольку полные скелеты встречаются исключительно редко, для нас важны и часто извлекаемые из гравийных карьеров отдельные их зубы и кости. Правда, при современной технике земляных работ такие находки почти не доходят до нас в целом виде. В украинском селе Кулешовка в 1841 г. был даже сооружен памятник с надписью: «На этом месте в 1839 г. найден скелет допотопного мамонта *Elephas mammonteus*». Этот памятник не единственный в своем роде. В Париже на Монмартре установлена плита с изображением третичной сумчатой крысы, ставшей известной благодаря работам Кювье; людям увековечены также первобытная птица археоптерикс (рис. 34.2) и мамонт, найденный в ФРГ недалеко от города Хорб на реке Неккар.

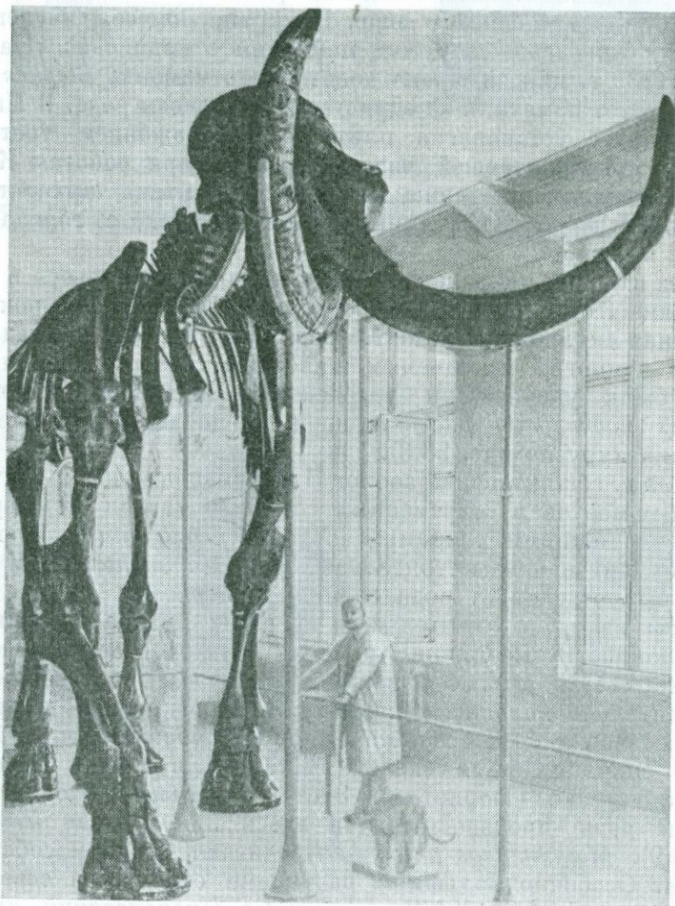
Перед зданием управления одного гравийного карьера в Кейтхорпе близ Ноттингема (Великобритания) установлена даже стилизованная скульптура мамонта (рис. 38.2). Мамонт принадлежит и к тем немногим ископаемым животным, которые еще при их жизни были увековечены человеком в искусстве — всемирно известны *наскальные рисунки* периода последнего оледенения (см. карикатуру на рис. 38.3).

В 1799 г. гёттингенский зоолог И. Блуменбах указал на тесное родство мамонтов и современных слонов и назвал их «первоначально возникшими слонами» (*Elephas primigenius*). И только позже мамонт как самостоятельный род *Mammonteus* или *Mammuthus* был отделен от рода слоновых *Elephas*.

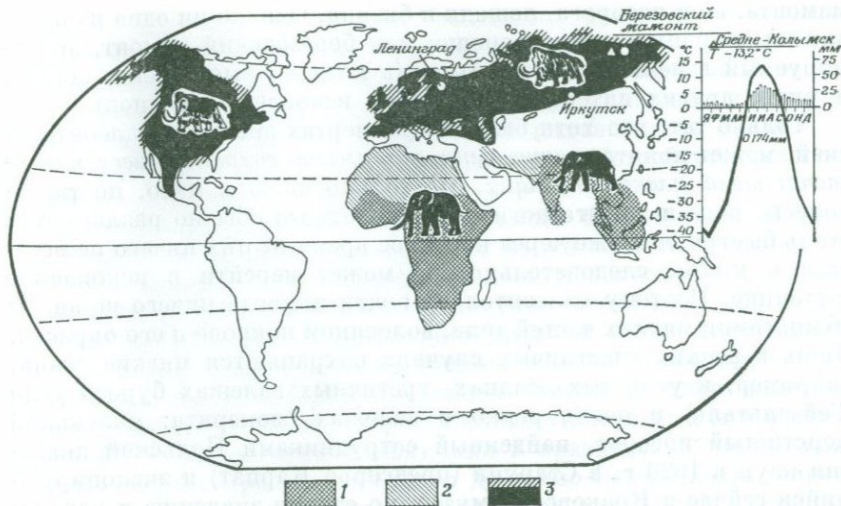
Одним из его отличительных внешних признаков являются спирально изогнутые бивни. Кроме *primigenius* (собственно мамонта), выделены и другие близкие виды, уже приспособившиеся к сравнительно холодному климату. Самый крупный и древний из них назван *теплым мамонтом* (*Mammonteus trogontherii*); его хорошо сохранившийся скелет выставлен в музее Шпенглера в Зангерхаузене (Тюрингия). Этот уникальный экспонат дал название даже производящемуся здесь пиву («пиво мамонта», рис. 38.9). *Mammonteus trogontherii* считают предком собственно мамонта. Особенно большими размерами отличается североамериканский вид *Archidiskodon imperator* («королевский древний дискозуб»); коренные зубы этих слонов состоят из дискообразных пластинок.

Высота отдельных видов мамонта (на уровне плеча)

Степной мамонт (<i>Mammonteus trogontherii</i>)	—4,5 м
Королевский мамонт (<i>Archidiskodon imperator</i>)	—4,0 м
Собственно мамонт (<i>Mammonteus primigenius</i>)	—обычно менее 3 м
Скелет мамонта из Штейнгейма-на-Муре, установленный в Штутгартском природоведческом музее (рис. 38.4)	—исключительно велик (4 м)
Африканский слон (<i>Loxodonta africana</i>)	—до 3,5 м
«Карликовые слоны» ледникового периода, обитавшие на Мальте, Сардинии и других островах	—1 м и мень- ше.



Р и с. 38.4. Почти полный скелет необычно большого, 4-метрового мамонта (мамонт Фрааса), найденного в речном галечнике близ Штейнгейма-на-Муре, Штутгартский музей.



Р и с. 38.5. Распространение современных (тропических и субтропических) слонов и мамонтов ледникового периода (*Mammontus primigenius* и близких им форм). Пример, предостерегающий от поспешных палеоклиматических экстраполяций. Климатограмма места находки березовского мамонта.

1 — распространение слонов в настоящее время; 2 — распространение слонов в историческое время; 3 — распространение мамонтов (*Mammontus, Parelephas*).

Удивительно, что большинство мамонтов найдено в холодной Сибири, тогда как современные слоны — животные теплолюбивые (рис. 38.5). Поэтому их присутствие в Сибири еще в XVIII веке объясняли тем, что их принесло водой из тропиков на негостеприимный север (во время «всемирного потопа») или же изменением климата в ныне арктической области. Известный французский естествоиспытатель Бюффон в 1788 г. высказал предположение, что первоначальной родиной крупных млекопитающих был крайний север, и только позже, при постепенном похолодании, охватившем земной шар, они мигрировали на юг, к экватору. Современные представления об изменении широтного положения арктических областей изложил еще в 1785 г. третий президент Соединенных Штатов Томас Джефферсон в «Записках о штате Виргиния»: «Если наклон земной оси изменялся за столетие на один градус, то местонахождения ископаемых мамонтов 250 тыс. лет назад располагались у тропиков». Однако Джефферсон допускал и то, что вымершие мамонты приспособились к совершенно иным климатическим условиям, чем современные индийские или африканские слоны. Этой гипотезе, считающейся в настоящее время правильной, Джефферсон отдавал все же предпочтение.

Подтверждением его вывода служат найденные в районах многолетней мерзлоты в Сибири и на Аляске не только части скелета, но и мягкие части тела мамонтов. За последние три столетия было сделано много таких находок (около 25), причем не только

мамонта, но и носорога, лошади и бизона. Однако ни одна из находок не сохранилась так хорошо, как березовский мамонт, экспонируемый в ленинградском музее (в котором выставлено, кстати, и много других интересных остатков ископаемых слонов).

Только тот, кто хотя бы в общих чертах знаком с палеонтологией, может понять, какую ценность имеют сохранившиеся мягкие части тела млекопитающих. Не только кожа и мясо, но также волосы, рога и копыта погибшего животного обычно разлагаются столь быстро, что уже через короткое время от них ничего не остается и ничто, следовательно, не может перейти в ископаемое состояние. Поэтому палеонтологи почти никогда ничего не знают об анатомии мягких частей тела, волосяном покрове и его окраске. Лишь в редких счастливых случаях сохраняются мягкие ткани, например, в углистых осадках, третичных залежах бурого угля (Гейзельталь) и очень редко в залежах озокерита; маленький шерстистый носорог, найденный сотрудниками Польской академии наук в 1929 г. в Старуни (предгорья Карпат) и экспонирующийся сейчас в Краковском музее, по своему значению и наглядности почти сравним с березовским мамонтом. И все же наибольшую ценность представляют животные, пролежавшие в «холодильнике» сибирской многолетней мерзлоты, со времени последнего оледенения не претерпев никаких изменений. Даже если сохранились одни фрагменты, по их совокупности удается довольно хорошо воссоздать весь облик мамонта.

Значение таких находок было осознано давно. За находки мамонта выдавалась специальная премия Петербургской Академии наук. В апреле 1901 г. в Академию наук с крайнего северо-востока Сибири пришло сообщение о трупе мамонта, обнаруженном местными охотниками-лапутами (эвенами) на крутом левом берегу Березовки, притока Колымы, северо-восточнее Средне-Колымска. Казак Явловский передал это сообщение в Петербург и принял меры к сохранению находки; позднее он получил в награду за это тысячу золотых рублей и очень почетную (уже в то время) серебряную медаль. Расстояние по прямой от Петербурга до места, где был найден мамонт, составляет 4 тыс. км; в действительности же этот путь длиннее больше чем вдвое. 3 мая из Петербурга отправилась экспедиция, возглавляемая энтомологом О. Герцем; его спутником и помощником был старший препаратор зоологического музея Е. Пфиденмайер, в 1908 г. участвовавший еще в одном подобном путешествии в Якутию и опубликовавший впоследствии красочное описание обеих своих поездок. Путь был долгим и утомительным; по сибирской железной дороге до Иркутска, дальше небольшими речными пароходами, на повозках и верхом через Якутск и Верхоянск (один из полюсов холода Земли!). Четыре месяца добирались участники экспедиции до места назначения.

Труп мамонта лежал в мерзлом грунте, но отдельные части его (прежде всего голова) были уже растерзаны и съедены хищ-

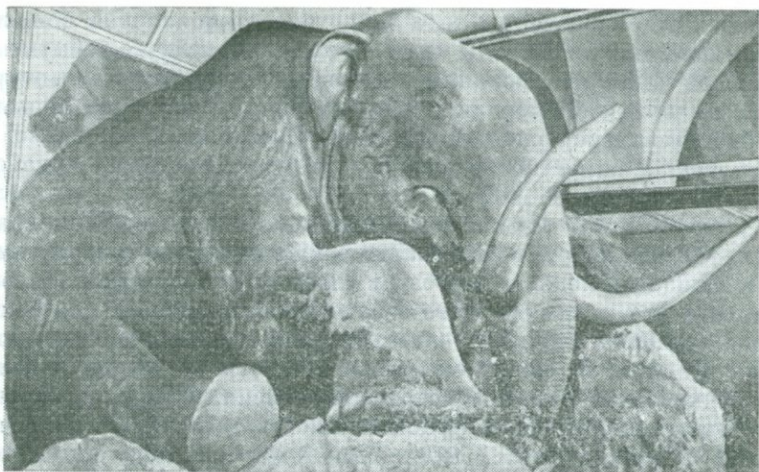
никами. Для извлечения тела животного пришлось с большим трудом поставить над ним сруб и отогреть почву. Добытые из оттаявшей земли и упакованные отдельные части мамонта на открытом воздухе снова замерзли, и в таком виде на оленях и лошадях при пятидесятиградусном морозе были доставлены за 3,5 тыс. км в Иркутск, а затем по железной дороге в Петербург, куда они прибыли в феврале 1902 г.

Кроме скелета, также экспонируемого сейчас в Ленинграде, из Якутии были привезены большие куски мяса и трехсантиметровой толщины кожи с жировым слоем и волосяным покровом. В полости рта и прежде всего в желудке (весащем 12 кг), сохранились *остатки пищи*, в основном трава и ветки лиственницы, березы и ольхи. По-видимому, животное погибло осенью, так как в желудке были найдены созревшие семена. Рацион животных свидетельствует о близости растительности того времени к современной. Очевидно, этот мамонт жил в арктической лесной зоне. Густая шерсть красновато-бурого до темно-бурого цвета, свисавшая с боков и брюха (длина волос достигала 50 см), защищала мамонта от холода — в этом одно из главных отличий его от современного слона, столь правдиво изображенное художником древнего каменного века (рис. 38.2). Сохранность мяса этого и других мамонтов была на удивление хорошей. Волки, медведи и даже собаки *едят его охотно*, однако людям оно, после столь долгого лежания в земле, казалось противным на вкус.

Возможно, березовский мамонт *упал в трещину*, из которой уже не смог выбраться. Об этом говорит странное положение животного: передние ноги подогнуты, задние — вытянуты, плечевые и тазовые кости сломаны. Мамонт был установлен в музее в 1903 г. точно в том положении, в котором он погиб; правда, многие части тела пришлось дополнить (например, совершенно не сохранившийся хобот). В общем, как справедливо отмечается, это *уникальный экспонат*, равного которому нет ни в одном музее мира (рис. 38.6).

Определение возраста мамонта радиоуглеродным методом показало, что животное *жило 39 тыс. лет назад*. Последние сибирские и североамериканские мамонты вымерли около 10 тыс. лет назад или даже несколько позже, то есть в послеледниковое время. В Центральной Европе находят их остатки в отложениях последней (вюрмской) эпохи оледенения, возраст которых определяется в 12—70 тыс. лет.

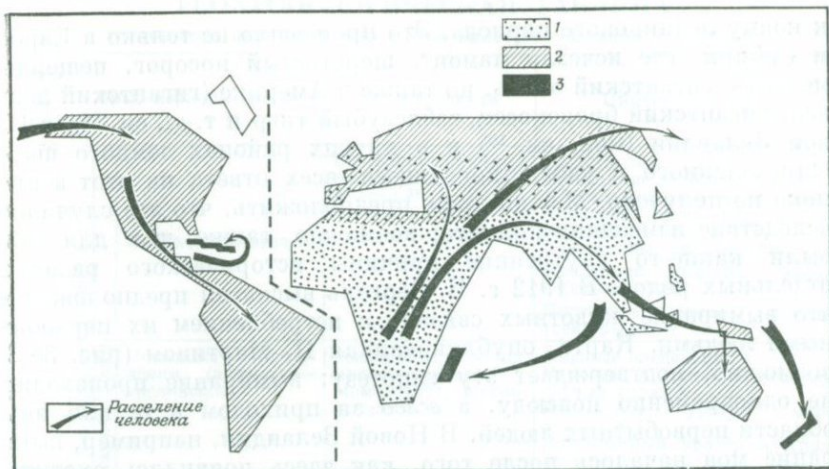
Особенно живо напоминают вымерших мамонтов современные слоны в *африканских степях*. При взгляде на них издали особенно отчетливо представляешь себе, какие это гиганты и как вело себя стадо красновато-бурых колоссов в пустынной тундре ледникового времени. Президент Соединенных Штатов Америки в начале нашего столетия Теодор Рузвельт (страстный охотник на крупного зверя и одновременно влиятельный покровитель Нью-Йоркского музея, много сделавший для охраны природы, см. ³⁶),



Р и с. 38.6. Реставрированный и дополненный труп мамонта, найденный на реке Березовка. В этом положении животное было обнаружено в многолетней мерзлоте в 1901 г.



Р и с. 38.7. Реконструкция ландшафта ледникового периода со стадом мамонтов. Вполне возможно, хотя точно и не установлено, что клыки действительно использовались животными как «снегоочистители», чтобы добираться до занесенных снегом растений.



Р и с. 38.8. Повсеместное вымирание крупных млекопитающих и птиц к концу ледникового периода (в Евразии и Америке приблизительно 8—13 тыс. лет назад, на отдельных островах — несколько позже). Волна вымирания следует, по-видимому, за расселением людей.

1 — более 4 тыс. лет назад; 2—8 — 13 тыс. лет назад; 3 — 400—4 тыс. лет назад.



Р и с. 38.9. Этикетка бутылки с «мамонтовым пивом» (Зангерхаузен, Тюрингия, место находки «степного мамонта»).

описывая свое путешествие по Восточной Африке в книге «Железная дорога через плейстоцен», справедливо говорит о том, что для древнего человека «пещерный лев был страшным призраком, а мамонт и шерстистый носорог — желанной, но грозной добычей». Это указание на охотничью деятельность первобытных людей подводит нас к трудному вопросу: почему мамонты и многие другие крупные млекопитающие и бегающие птицы *вымерли*

к концу ледникового периода. Это произошло не только в Европе и Сибири, где исчезли мамонт, шерстистый носорог, пещерный медведь, гигантский олень, но также в Америке (гигантский ленивец, гигантский броненосец, саблезубый тигр и т. д., см. ³⁶), в Новой Зеландии (моа, см. ¹⁶) и в других районах земного шара. Определенного и удовлетворяющего всех ответа на этот вопрос пока не получено. Можно лишь предположить, что это случилось вследствие изменения климата; возможно также, что для этого были какие-то внутренние причины исторического развития отдельных родов. В 1912 г. В. Зёргель высказал предположение, что вымирание животных связано с истреблением их первобытными людьми. Карта, опубликованная П. Мартином (рис. 38.8), возможно, подтверждает эту гипотезу: вымирание происходило не одновременно повсюду, а *вслед* за приходом в те или иные области первобытных людей. В Новой Зеландии, например, вымирание моа началось после того, как здесь появились охотники на моа. По-видимому, в большинстве случаев человек наносил лишь последний удар, завершая то, что начала природа.



ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

(составлена применительно к этой книге со ссылками на главы)

Возраст, млн. лет	Эры, периоды, эпохи	Флора, фауна	Прочие особенности
Около 0,01	Четвертичный период	Послеледниковая	Вымирание крупных млекопитающих и птиц ³⁸ Известковый туф ¹⁴ Отступление ледников ^{1, 16, 33} Послеледниковое потепление ¹ Смещение русел рек, водопады ^{7, 10} Современные вулканы ^{22в, 23-26} Последние вулканы Эйфеля и Оверни ^{27а-б} Поствулканические явления (гейзеры) ²⁸⁻³⁰
		Последнего оледенения (вюрмское-вислинское)	Вымирание крупных млекопитающих ³⁸ Мамонты ³⁸ , <i>Megatherium</i> ³⁶ Мощные оледенения ¹ Каровые ледники в средневысотных горах ¹ Изменения уровня морей и озер ¹³ Метеоритный кратер в Аризоне ³¹
		Раннечетвертичные эпохи оледенения и межледниковья (интергляциалы)	Повышение уровня моря ²⁰ Оолиты Майами ¹⁵
Около 0,07	Плейстоценовая эпоха		
Около 1-3	Третичный период	Плиоценовая Миоценовая Олигоценая Эоценовая Палеоценовая	Мамонтовые деревья и болотные кипарисы в Центральной Европе ^{6, 15, 27в, 35} Развитие млекопитающих ^{35, 36} Бурые угли ³⁵ Флиш и моласса ²¹ Вулканы ^{2, 27в} Древние вулканические породы Тенерифе ²⁶ Складчатость и образование надрывов в Альпах
Около 70	Мезозойская эра	Меловой период	Ящеры ^{34, 36} Первоптицы ³⁴ Кистеперые ³⁷ Известняк вершины Митен ²¹ , у Мертвого моря ¹³ , в Карсте ^{11, 14} , в Северной Ирландии ²⁷ , гранит Сьерра-Невады ⁶ , базальты Параны ⁸ , Южной Африки (Родезия) ⁹
		Юрский период	Известняки Зольхофена ³¹ , Рейнского водопада ¹⁰ , горы Митен ²¹
		Триасовый период	Рифовые известняки Доломитовых Альп ¹⁹
Около 225	Палеозойская эра	Пермский период	<i>Dimetrodon</i> ³⁶ Соли Центральной Европы ³⁵ Веррукано ²¹ Известняки Кайаб ⁵ , песчаники Коконино ⁵ Кварцевые порфиры в Больцано ¹⁹ Оледенение Гондваны ^{17, 32}
		Карбон (каменноугольный период)	Каменные угли в Европе и Северной Америке Породы каньона Колорадо ⁵ Граниты Центральной Европы ¹
		Девонский	Кистеперые ³⁷
		Силурийский	Ниагарский известняк ⁷ «Оледенение Столовой горы» ²⁰
		Ордовикский	
		Кембрийский период	Трилобиты ³³ Древние членистоногие и черви ³³ Мощные толщи известняков в Британской Колумбии ³³
Около 550	Палеозойская эра	Докембрийский период	Фауна — <i>Ediacara</i> ³³ Соли Малмсбери, Южная Африка ²⁰ Нижние толщи каньона Колорадо ⁵ Лавы Кимберли — Нойтгедахта ^{14, 32} Кристаллические сланцы Скандинавии, Канады ³³ , гор Блэк-Хилс ² , Бразилии ³ , Австралии ⁴ .

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	5
Из предисловия автора к немецкому изданию	7
Уникальные скалы и скалистые горы	11
1. Тши-Турне в горах Крконоше (Силезия)	11
2. Башня дьявола (Вайоминг)	19
3. Сахарная голова в Рио-де-Жанейро (Бразилия)	23
4. Эйерс-Рок (центральная Австралия)	29
Знаменитые долины	36
5. Большой каньон Колорадо (Аризона)	36
6. Йосемитская долина (Калифорния)	46
Знаменитые водопады	55
7. Ниагарский водопад (США — Канада)	55
8. Водопады Игуасу (Бразилия — Аргентина)	62
9. Водопады Виктория (Южная Родезия — Замбия)	67
10. Рейнский водопад у Шафхаузена (Швейцария)	74
Знаменитые пещеры	80
11. Постоянска-Яма (Словенский Карст)	80
12. Голубой грот на острове Капри (Италия)	92
Уникальные озера и болота	96
13. Мертвое море (Израиль — Иордания)	96
14. Плитвицкие озера (Хорватский Карст)	108
15. Эверглейдс (Флорида)	111
Удивительные ледники	117
16. Ледник Фокс (Новая Зеландия)	117
17. Нойтгедахт (Южная Африка)	126
Известные коралловые рифы	132
18. Остров Герон (Большой Барьерный риф, Квинсленд)	132
19. Доломитовые Альпы (Южные Альпы)	141
Известные мысы	151
20. Мыс Доброй Надежды (Южная Африка)	151
Уникальные свидетельства альпийского горообразования	159
21. Горы Митен у Фирвальдштетского озера (Швейцария)	159
Известные землетрясения	165
22. Три центра землетрясений на восточном побережье Тихого океана (рис. 24.1)	165
а) Анкоридж и Аляскинское землетрясение 27 марта 1964 г.	166
б) Сан-Франциско, сброс Сан-Андреас и Калифорнийское землетрясение 18 апреля 1906 г.	170
в) Вальдивия и Чилийское землетрясение 22 мая 1960 г.	175

Известные вулканы	184
23. Везувий и Флегрейские Поля (Италия)	184
24. Килауэа (остров Гавайи)	196
25. Кратер Лаки (Исландия)	204
26. Вулкан Тейде (Канарские острова)	214
27. Потухшие вулканы Европы	228
а) Вулканическая цепь Пюи (Овернь)	228
б) Маары Эйфеля	233
в) Мостовая гигантов (Северная Ирландия)	241
Знаменитые гейзеры	244
28. Большой Гейзер (Исландия)	244
29. Йеллоустонский национальный парк (США)	249
30. Роторуа (Новая Зеландия)	259
Уникальные метеоритные кратеры	265
31. Аризонский метеоритный кратер	265
Знаменитые рудники	273
32. «Биг-Хоул» в Кимберли (Южно-Африканская Республика)	273
Известные места находок и музеи ископаемой фауны и флоры	281
33. Перевал Бергесс (Британская Колумбия)	281
34. Зольнхофен (Франконский Альб)	291
35. Гейзельталь у Галле (река Заале, ГДР)	301
36. Американский музей естественной истории, Нью-Йорк (США)	309
37. Ист-Лондонский музей с первой находкой латимерии (Южная Африка)	314
38. Березовский мамонт в ленинградском Зоологическом музее Академии наук СССР	319

Уважаемый читатель!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим прислать по адресу: 129820, Москва, И-110, ГСП, 1-й Рижский пер., д. 2, издательство «Мир».

М. Шварцбах

ВЕЛИКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ

Редактор Ю. Я. Ретеюм
Художник А. С. Шумилин
Художественный редактор Ю. С. Урманчеев
Технический редактор Е. С. Потапенкова

Сдано в набор 27/X 1972 г.
Подписано к печати 19/XII 1972 г.
Бумага № 1 60×901/16=10,50 бум. л.,
21. печ. л. Уч.-изд. л. 20,71. Изд. № 5/6416
Цена 1 р. 31 к. Зак. 0744

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
Москва, 1-й Рижский пер., 2

Ордена Трудового Красного Знамени
Московская типография № 7 «Искра революции»
Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, Трехпрудный пер., 9

В 1973 г. издательство «Мир» готовит выпуск фундаментальной работы, которая, несомненно, заинтересует многих читателей, познакомившихся с книгой М. Шварцбаха «Великие памятники природы». Эта работа, написанная известными американскими учеными-геологами — Дж. Ферхугеном, Ф. Тернером, Л. Вейсом, К. Вархафтигом, — называется «Земля» (Введение в общую геологию); поступит она в продажу в двух томах общим объемом около 75 изд. л.

Книга привлекает прежде всего необычностью содержания. Это своего рода энциклопедия, которую можно было бы назвать «Все о Земле», книга о геологических процессах, происходящих в глубинах Земли и на ее поверхности. Традиционная описательная характеристика этих процессов (горобразование, складчатость, метаморфизм, процессы переноса тепла, дрейф континентов, изменение структуры океанов и материков, развитие рельефа и др.) заменена здесь глубоким анализом их физико-химической сущности. Очень важно, что основные проблемы геологии изложены на высоком теоретическом уровне, причем языком, доступным даже для лиц, лишь в общих чертах познакомившихся с геологией. Единственная в своем роде по содержанию книга рассчитана и на необычный круг читателей — она предназначена и для начинающих геологов, и для ученых, желающих познакомиться с неизвестными ему разделами геологии, и для любознательных любителей природы, которым интересно узнать подробности о строении нашей планеты и о процессах, ее преобразующих.

Книгу «Земля» можно заказать в любом книжном магазине, оставив открытку со своим адресом. Магазин известит Вас о поступлении книги в продажу.

Для специалистов-геологов и студентов геологической специальности издательство «Мир» готовит к выпуску в 1973 г. следующие книги подписной серии «Науки о Земле», уже известной многим читателям:

ТЕКТОНИКА АФРИКИ. Под ред. и с участием Ю. Шуберта и А. Формюре, пер. с франц. и англ., 50 л., цена 5 р. 40 к.

Капитальный труд, представляющий собой объяснительную записку к изданной ЮНЕСКО и прилагаемой к настоящей книге Международной тектонической карте Африки. По существу это сводка всех результатов исследований тектоники и отчасти геологического строения, проведенных до настоящего времени в Африке французскими, английскими, бельгийскими, а также южноафриканскими геологами. Книга состоит из подробных очерков по отдельным странам или естественным регионам, написанных лучшими их знатоками. Очерки снабжены многочисленными, большей частью оригинальными иллюстрациями — картами, разрезами, профилями.

Книга будет служить ценным справочником для советских геологов, работающих в развивающихся странах Африки, сотрудников научно-исследовательских институтов, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов геологических факультетов университетов и геологических вузов.

ПЕТРОЛОГИЯ ИЗВЕРЖЕННЫХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ДНА ОКЕАНА. Под ред. Э. Булларда, Дж. Канна и Д. Мэтьюза, пер. с англ., 30 л., 3 р. 40 к.

Это книга о проблемах генезиса океанических впадин и формировании базальтовой коры, подстилающей последние, а также о вероятных аналогиях между офиолитовыми формациями и вулканизмом океанов, с одной стороны, и эвгеосинклиналей — с другой. Отдельные статьи посвящены перидотитогаббро-базальтовому комплексу Срединно-Атлантического хребта, характеристике базальтов, содержанию в них редких элементов, магнитным характеристикам изверженных пород, петрологии подводных вулканитов, тектонической эволюции и составу пород фундамента океанических хребтов и т. д.

Книга рассчитана на геологов, геохимиков, петрологов, интересующихся морской геологией. Многие статьи полезны для преподавателей и студентов геологических вузов. Книга «Геология и геофизика морского дна» («Мир», 1969), написанная примерно на те же темы, была быстро распродана.

ВУЛКАНИЗМ И РУДООБРАЗОВАНИЕ. Под ред. Т. Тацуми, пер. с англ., 25 л., цена 2 р. 90 к.

О связях между вулканизмом и рудообразованием мы знаем еще очень мало. Лишь некоторые вопросы были рассмотрены в сборнике «Геохимия современных поствулканических процессов». В данной книге рассмотрены общие связи вулканизма и рудогенеза, описаны месторождения, по условиям образования ассоциированные с вулканическими процессами (медные колчеданные руды, марганцевые месторождения, широко известные полиметаллические руды типа куроко и т. д.). Приведены интересные материалы о вулканических месторождениях железа, свинца, цинка, золота, серебра, аналоги которых известны или могут быть обнаружены и в Советском Союзе. Анализируются минералогические и геохимические проблемы, связанные с составом и особенностями формирования залежей руд вулканического генезиса.

Книга рассчитана на широкий круг геологов, занимающихся рудными месторождениями, а также на студентов и преподавателей геологических вузов и геологических факультетов университетов.

ГЕОЛОГИЯ ГИГАНТСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА. Под ред. М. Хэлбути, пер. с англ., 45 л. цена 4 р. 95 к.

Материал книги посвящен коренной проблеме геологоразведочных работ на нефть и газ — поискам крупных и гигантских месторождений. С большой полнотой и детальностью анализируются геология и структура месторождений-гигантов Северной, Южной и Центральной Америки, Европы, Африки и Азии, произведена их классификация. Обобщены поисковые признаки месторождений различного типа — связанных со структурными и стратиграфическими ловушками, с зонами тектонических нарушений, соляными

куполами и рифовыми образованиями, с разных позиций объяснены условия их формирования.

Поскольку дальнейший рост добычи нефти и газа в нашей стране зависит от выявления новых месторождений-гигантов, а поисками их заняты тысячи геологов производственных и научно-исследовательских организаций, книга найдет широкий круг читателей среди разведчиков недр, научных работников, а также преподавателей и студентов геологических факультетов университетов и геологических вузов.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ. Под ред. Р. Бойла, пер. с англ., 40 л., цена 4 р. 40 к.

В книге обобщен международный опыт в области применения и оценки различных геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых. В ней рассмотрены поиски по вторичным ореолам рассеяния в рыхлых отложениях, региональное геохимическое прогнозирование на основе изучения геохимической специализации геологических комплексов, оценка первичных геохимических ореолов рудных месторождений, опыты геохимических поисков с самолетов и вертолетов, математическая обработка геохимической информации на ЭВМ. Интересны новые данные об использовании стабильных изотопов при поисках, разработка алгоритмов для программ геохимических поисков.

Книга предназначена для геохимиков и геологов, занятых поисками полезных ископаемых, научных работников в этой области, а также преподавателей и студентов геологических вузов и геологических факультетов университетов.

РУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ США, т. 2. Под ред. Дж. Риджа, пер. с англ., 50 л., цена 5 р. 40 к.

Второй том книги (том I опубликован в 1972 г.) посвящен месторождениям железа, титана, хрома, никеля, вольфрама, олова, ртути, золота, урана и др. Как и в томе I, читатель почерпнет здесь ценные сведения о структурах рудных полей и месторождений, стратиграфическом и литологическом контроле рудообразования, связи его с магматизмом вообще и с магматическими дайками в частности, о минеральных парагенезисах руд и стадиях рудообразования, первичной и вторичной зональности, гидротермальном метаморфизме рудоносных пород, об источниках рудообразующих веществ и т. д. В книге содержатся также ценные статистические данные о развитии добычи руд и металлов и об их запасах. Интересны комплексные методы исследования рудных месторождений, применяемые американскими геологами.

Книга рассчитана на геологов, занятых изучением и разведкой руд, на студентов и преподавателей геологических факультетов университетов и геологических вузов.

МЕТОДИКА ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. Под ред. Б. Каммела и Д. Раупа, пер. с англ., 32 л., цена 3 р. 60 к.

Первая и единственная в мировой литературе полная сводка, своего рода энциклопедия по методике и технике полевых и лабораторных палеонтоло-

гических исследований. Ведущими специалистами описана методика сбора и технической обработки ископаемых остатков организмов, освещены новейшие способы препарировки и методика изучения микроструктуры, в том числе рентгеноскопия, электронная микроскопия, применение инфракрасных и ультрафиолетовых лучей, изготовление слепков, отпечатков, фотографирование и т. д.

Расчитана на специалистов-палеонтологов, полевых геологов широкого профиля, студентов и преподавателей геологических факультетов университетов и геологических вузов, работников палеонтологических лабораторий.

Книга может быть использована также в качестве учебного пособия студентами и преподавателями, тем более, что в советской литературе такого рода справочные руководства по методике палеонтологических исследований отсутствуют.

Книга рекомендована к изданию Всесоюзным палеонтологическим обществом и Национальным комитетом геологов Советского Союза.

Харбух Дж., Бонэм-Картер Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ В ГЕОЛОГИИ, пер. с англ., 35 л., цена 3 р. 90 к.

Моделирование на ЭВМ в геологии — проблема, в разработке которой ученые США достигли значительных успехов. Предлагаемая книга обобщает накопленный опыт и представляет собой руководство по моделированию геологических процессов; в ней объяснены основные понятия и принципы моделирования, рассмотрены математические основы и методы построения моделей, их реализация на ЭВМ, даны примеры решения задач моделирования в разных отраслях — структурной геологии, геофизике, петрологии, геохимии, экологии, геоморфологии и др. Приведено много часто применяемых программ для ЭВМ на языке ФОРТРАН, что облегчает использование описанных в книге методов на практике.

Книга рассчитана на широкий круг геологов различных специальностей, она будет полезна также специалистам, занимающимся вопросами применения математики и ЭВМ в геологии.



502



ВЕЛИКИЕ

