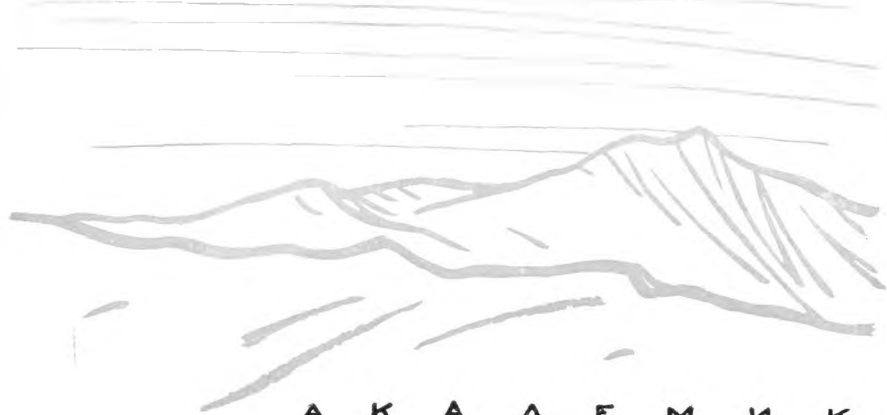


В. Семенов

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

55
0-24

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



А К А Д Е М И К
В. А. О Б Р У Ч Е В

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА • 1961

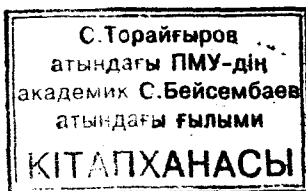
От издательства

В конце тридцатых годов академик В. А. Обручев задумал написать научно-популярную книгу «Занимательная геология». Замысел вскоре был выполнен, и Владимир Афанасьевич передал рукопись Государственному издательству геологической литературы, которое решило изменить название книги и выпустило ее как «Основы геологии». Книга несколько раз переиздавалась, подвергаясь при этом редактированию.

Издательство Академии наук СССР решило восстановить первоначальное, более соответствующее содержанию название и выпускает книгу как «Занимательную геологию». Издательство стремилось при этом восстановить авторский текст. Список рекомендуемой литературы дополнен новыми книгами.

Ответственный редактор С. В. ОБРУЧЕВ

553091



ВВЕДЕНИЕ

Вы, наверно, читали хотя бы одну из книжек: «Занимательная физика», «Занимательная химия», «Занимательная арифметика», «Занимательная алгебра», «Занимательная геометрия», «Занимательная механика». В них в форме отдельных коротких рассказов описаны различные интересные для человека процессы и явления природы, оригинальные механизмы, разъяснены математические, физические, химические и механические загадки, даются головоломные задачи, и читатель в самой легкой и занимательной форме знакомится с основными положениями некоторых наук. Написана даже «Занимательная минералогия», выдержавшая уже несколько изданий; академик А. Е. Ферсман сумел показать, что сухая как будто минералогия с ее перечнями минералов, их форм, свойств и местонахождений может быть сделана очень занимательной; он оживил мертвый камень, показал его разнообразные применения в жизни и технике, заинтересовал читателя горами и каменоломнями, рудниками и копями и увлек его в мир минералов и кристаллов.

Тем более должна быть занимательной геология, наука о Земле, на которой мы живем, наука о том, как эта Земля сформировалась, из чего она состоит и каким изменениям подвергалась в течение долгой истории ее существования, насчитывающей многие миллионы лет. Геология учит нас заглядывать в глубь времен и помогает объяснить изменения земной поверхности теми процессами, которые совершаются на наших глазах постоянно и вполне доступны нашему изучению. Тепло, которое дает Солнце, движения воздуха в виде ветра, капли дождя, роса, мороз, кристаллы снега и даже растения и животные — все это

геологические деятели, работу которых геология учит нас понимать. Лик Земли, т. е. формы земной поверхности, которые мы видим вокруг себя и которыми часто восхищаемся, создан всеми этими деятелями, а также и другими, скрытыми в глубине и проявляющимися по временам в виде таких захватывающих событий, как извержения вулканов, или разрушительных, как землетрясения.

Человек, который не знает даже основ геологии, в известном смысле подобен слепому. На склоне оврага он видит в одном месте твердый камень, в другом рыхлую почву, но что это за породы, как образовался овраг, он не понимает. В горной долине он заметит камни разного цвета, будет удивляться, почему их слои то как-то странно закручены, то стоят вертикально, как доски, полюбуется живописной скалой, мрачным ущельем, водопадом, но, кроме поверхностных впечатлений, все эти разнообразные факты ему ничего не дадут. И так везде он будет воспринимать только внешние формы, а не сущность явлений, видеть, но не понимать. Геология учит нас смотреть открытыми глазами на окружающую природу и понимать историю ее развития.

Она помогает также искать и находить разные руды, уголь, нефть, соль и другие полезные ископаемые, необходимые человеку. Без знания геологии мы не сможем искать месторождения этих ископаемых богатств планомерно, а будем просто бродить по стране в разных направлениях в надежде случайно наткнуться на одно из них. Без знания геологии нельзя оценить качество и количество найденного ископаемого и определить условия его добычи. Следовательно, геология имеет не только общеобразовательное значение, увеличивая наш кругозор, но и огромное практическое значение.

Последнее не ограничивается нахождением и изучением полезных ископаемых; оно гораздо шире. Строительство крупных зданий, шоссе и железных дорог, аэродромов, прорытие тоннелей, сооружение больших плотин для использования силы воды — все это требует тщательного изучения грунта, его состава и строения. Без учета геологических данных нельзя проектировать и строить рационально, с наименьшей затратой средств, труда и времени.

Геология занимается также изучением подземных вод и условий их получения для снабжения городов и заводов или для

их отвода, если они приносят вред; она исследует минеральные источники, условия их вывода на поверхность.

Особенное значение геология получила в Советском Союзе. В капиталистических странах работа геолога сильно стеснена границами частных владений. Собственник земли может не пустить геолога изучать строение недр в его имении и производить необходимые разведки. Плоды работы геолога в виде находки разных руд и других полезных ископаемых идут на пользу землевладельца или компаний капиталистов, обогащая их. В Советском Союзе, где вся земля и ее недра — собственность государства, т. е. всего народа, работа геолога свободна и все его открытия идут на общую пользу, на строительство и нужды промышленности, обогащают весь народ, способствуя развитию культуры, облегчению труда.

Геология имеет крупное значение и для обороны страны.

Сказанным, я думаю, оправдывается вывод, что знание основ геологии необходимо каждому культурному гражданину нашей Родины. Приобретению этих знаний должна служить настоящая книга. Поэтому она не может быть сборником отдельных рассказов об интересных явлениях, загадочных событиях, поучительных сопоставлениях, выхваченных из обширного материала науки, а должна быть изложена по определенной системе. Она познакомит читателя с деятельностью сил природы, которую он может наблюдать непосредственно в окрестностях города и в деревне, в горах и на равнинах: с работой текучей, стоячей и подземной воды, с работой ветра и льда и их результатами как в виде образования тех каменных пород, которые слагают формы земной поверхности, так и в виде разрушения и преобразования этих форм.

Показав читателю деятельность этих сил, называемых внешними, мы познакомим его с деятельностью сил, скрытых в недрах Земли, выражающейся в образовании гор, в извержениях вулканов и в землетрясениях. Знакомство с деятельностью как внешних, так и внутренних сил позволит перейти к краткому изложению истории Земли, возникновения и развития жизни и объяснению тех катастроф, которые являются отдельными эпизодами этой истории, а затем к описанию образования полезных ископаемых и освещению закономерности их распределения на Земле, в особенности на территории СССР. Последняя

глава покажет значение геологических документов и методы изучения следов минувших событий для выяснения истории Земли.

Необходимо пояснить в заключение, что наша книга не охватывает и не может охватить по своему объему всю геологию, а ограничивается той частью этой науки, которая называется физической, или динамической, геологией и занимается изучением деятельности внешних и внутренних геологических сил, создающих и преобразующих земную кору. Только в общих чертах можно было изложить историю Земли, которой специально занимается другая большая отрасль геологии, называемая исторической геологией, а также коснуться тех продуктов деятельности внешних и внутренних сил природы, изучением которых занимается третья отрасль — наука о полезных ископаемых.

Очень мало, только в пределах самого необходимого, можно было сказать об образовании горных пород, слагающих земную кору, специальное изучение которых составляет задачу четвертой отрасли геологии — петрографии, или петрологии, науки о камнях. Знакомство с физической геологией необходимо для перехода к изучению этих более специальных отраслей геологии; оно является, в сущности, введением к нему.

Эта книга, написанная в популярной форме для широкого круга молодых читателей, предполагает у них знание основ физики и химии в объеме курса неполной средней школы.

I

О ЧЕМ ШЕПЧЕТ РУЧЕЕК, ТЕКУЩИЙ ПО ОВРАГУ

Как вода размывает и уносит почву. Подмыв берегов. Заломы. Овраги и их рост. Образование ущелий. Перенос материала. Области размыва и отложения. Меандры. Дельты. Мели и острова. Речные террасы. Базис эрозии. Пороги. Водопады. Половодье. Сили или мурь. Аллювий и пролювий.

Идет дождь. Порывы ветра бросают большие капли на стекла окон, где они соединяются в струйки, стекающие вниз. Небо покрыто густыми тучами, на улице грязно и неприятно. Хочется сидеть дома в теплой комнате и ждать, пока не кончится непогода.

Но преодолеем это желание, наденем высокие сапоги или хотя бы калоши, накинem непромокаемый плащ или возьмем зонтик и выйдем из дому, всего лучше за город, в поле. Во время дождя мы сможем наблюдать, как работает текущая вода над преобразованием поверхности Земли. Мы увидим ее геологическую работу тем полнее, чем сильнее льет дождь.

Как вода размывает и уносит почву. Подмыв берегов. Работу воды на земной поверхности легко наблюдать везде. Даже в городе, где почва скрыта под асфальтом или булыжной мостовой, мы во время дождя увидим, что ручейки,



текущие по уличным канавкам, несут мутную воду; она загрязнена частицами песка, пыли, разным мусором, который дождь смывает с улицы и с тротуара и струйками уносит в канавки. Эта работа еще заметнее за городом, на пашнях, в лесах, где при сильном дожде в каждой ложбинке и канавке течет ручеек очень мутной воды, которая размывает почву и уносит ее частицы с собой. По цвету воды легко узнать и состав почвы: если ложбинки врезаны в чернозем — вода будет серой, а если они врезаны в глину или песок — вода будет бурой или желтой разных оттепков. Чем быстрее течет вода, тем больше мути она может унести, потому что ее подъемная сила, сила могущая подхватывать мелкие частицы и уносить их, больше, а также больше и ее размывающая сила, т. е. ее воздействие на рыхлую почву берегов.

Проследим дождевой ручеек на местности с мягкой почвой, состоящей из чернозема, песка или суглинка. Там, где уклон местности очень небольшой, едва заметный, ручеек течет медленно и ложбинка только чуть-чуть углублена. Но вот уклон сделался круче, и ручеек уже зажурчал, побежал быстрее, ложбинка врезана глубже. Мы можем заметить, что стенки ее становятся даже отвесными, и если постоим некоторое время на том же месте и будем внимательно смотреть на них, то убедимся, что то тут, то там от стенок отрываются комочки почвы, падают в воду, быстро размачиваются ею и уносятся частица за частицей. На крутом уклоне легко образуются даже маленькие водопады.

Мы увидели в миниатюре работу текучей воды, **р а з м ы в** и **п е р е н о с** мелкого материала.

Дождевые ручейки, сбегая по ложбинкам и рывтинам, стекают в ручьи, ручьи впадают в речки, речки — в реки; после дождей вода всех этих ручьев, речек и рек тоже становится мутной. Реки впадают, наконец, в какое-нибудь озеро или море, стоячая вода которого принимает весь материал, всю муть, приносимую реками.

Вы спросите: а в хорошую погоду как ведут себя речка и река? Вода в них кажется чистой, ее можно свободно пить, набрать в стакан и признать совсем прозрачной и бесцветной. Но это именно только кажется. Совершенно чистую воду можно найти только в ручьях и небольших речках, очень медленно текущих по лугам, в мягких берегах, заросших травой и кустами и защищенных ими от размывающей силы воды. Но и эта вода не абсолютно чиста, потому что содержит в растворе некоторое, хотя бы ничтожное количество солей, которые эта речка сама или ее притоки извлекли из почвы, всегда содержащей эти соли, где больше, где меньше. Отнесите эту воду в химическую лабораторию, там сделают ее анализ и скажут вам, что в ней содер-

жится столько-то миллиграммов солей на литр, хотя на вкус она совершенно пресная.

Во многих реках вода уже на первый взгляд кажется мутноватой, в чем легко убедиться при купанье или плывя на лодке. Уже на глубине одного метра дно еле видно, следовательно, вода не совсем прозрачная, хотя, зачерпнув ее в стакан, вы этого не заметите. Есть реки, вода которых совершенно грязная,



Рис. 1. Берег реки, подмываемый течением.

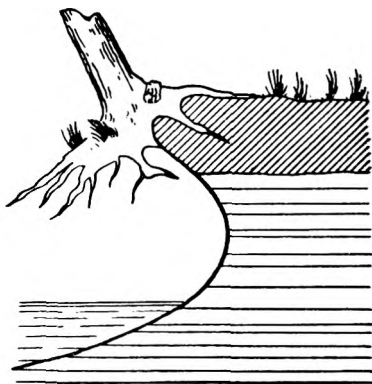


Рис. 2. Подмытый берег с пнем и корнями дерева.

например, Кура в Закавказье несет воду темно-серого цвета, вода Аму-Дарьи в Средней Азии имеет цвет кофе с молоком, а вода реки Хуанхэ в Китае буро-желтая («хуан» — по-китайски желтый). В воде таких мутных или совсем грязных рек содержатся не только растворенные соли, но и большее или меньшее количество частиц песка и глины, как в дождевых ручейках.

Реки силой своего течения размывают свои берега везде, где они не защищены травой или кустами; трава, срастаясь своими корнями в сплошной дерн, представляет хорошую защиту от размыва. Там, где ее нет или мало, горные породы, из которых состоят берега, размываются водой более или менее быстро, особенно во время половодья весной, а также летом и осенью после сильных дождей, когда река несет гораздо больше воды и затопляет часть береговых откосов. Кроме того, при повышении уровня воды в реке течение ее становится быстрее, а следовательно, еще усиливается размыв.

Особенно быстро размываются берега, состоящие из рыхлых горных пород — песков, суглинков, глин, галечников, в которых отдельные зерна (и галька и валуны в галечнике) не скреплены друг с другом каким-нибудь цементом. Вода вымывает в подножии берегового откоса или обрыва частицу за частицей, делает



Рис. 3 Залом на рене Полдневный Тагул в хребте Салаир, Западная Сибирь.

(Фото В. Ф. Сперанского)

более или менее глубокий желобок, и вышележащие слои, лишенные опоры, сползают или обрушиваются в воду целыми глыбами, которые быстро размокают и мало-помалу размываются и уносятся рекой (рис. 1).

Ночуя как-то на берегу Аму-Дарьи, я имел возможность наблюдать, как быстро размывается мягкий берег. В ночной тишине очень часто и отчетливо слышались всплески, когда то тут, то там, выше и ниже по течению, в воду обрушивались глыбы подмытой породы. Берега этой реки состоят из рыхлых песков, илов и глин, а течение быстрое. Вследствие быстрого размыва берегов вода Аму-Дарьи такая грязная.

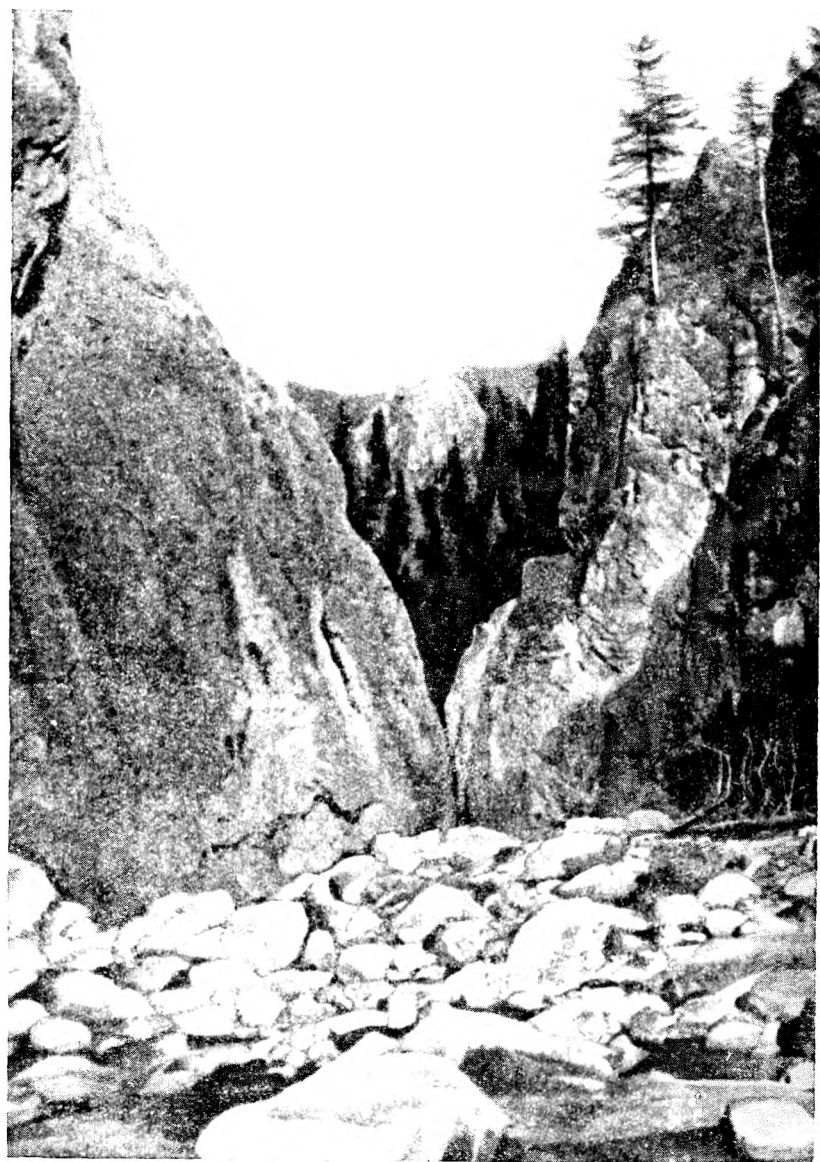
Если на поверхности мягких, легко размываемых берегов реки растут кусты и деревья, скрепляющие своими корнями вместе с травой верхний слой почвы, то вверху подмываемого берега образуется навес из этого верхнего дернового слоя, который держится до поры до времени, но в конце концов под действием своей тяжести отрывается крупными кусками и падает в воду (рис. 2). Дёрн постепенно размывается, а куст или дерево уносится рекой. Во время весеннего половодья все реки, особенно текущие в лесистых местностях, несут много таких погибших кустов и деревьев, которые часто застревают на отмелях, приби-



Рис. 4. Ущелье реки Сарыджаз в Тянь-Шане.

(Фото В. В. Сапожникова)

ваются к берегу на поворотах реки, особенно при спаде воды. На небольших реках Урала и Сибири, текущих среди лесов, нередко можно встретить так называемые з а л о м ы — целые баррикады из мертвых деревьев, наваленных в беспорядке грудami на поворотах или в узких местах и перегораживающих всю реку. Такие заломы делают реку не проходимой для лодки или плота, а чтобы убрать их, нужно иметь с собой пилу и топор и затратить немало времени (рис. 3). Большие реки, впадающие в Северный Ледовитый океан, — Северная Двина, Печора, Обь,



**Рис. 5. Эпигенетическое ущелье (проложенное в дне ледниковой долины),
Восточный Саян.**

(Фото С. В. Обручева, 1954).



Рис. 6. Ущелье Узун-Бом на реке Аргут, Алтай.

Фото В. В. Сапожникова, 1911)

Енисей, Лена и др. — ежегодно выносят в море массу погибших деревьев, росших на их берегах.

Прибой во время бурь выбрасывает эти деревья, уже лишившиеся на длинном пути коры и большей части ветвей, на побережье, где этот плавник, как его называют жители Севера, занимает большие площади и обеспечивает население безлесной приморской тундры строительным и горючим материалом.

Образование ущелий. Берега, состоящие из твердых горных пород, песчаников, сланцев, известняков, гранита, сопротивляются размыву несравненно дольше, работа воды сильно замедляется, но не прекращается. Мало-помалу, уже в течение столетий и тысячелетий, текучая вода врезается и в такие породы. В горах, сложенных из твердых пород, мы видим более или менее глубокие долины, промытые реками, речками и ручьями. В тех местах, где породы особенно тверды, долины превращаются в ущелья с очень крутыми или отвесными, иногда даже нависающими склонами (рис. 4, 5 и 6). Назовем для примера Дарьяльское ущелье реки Терека, Кассорское и низовое ущелье реки Ардона на Кавказе. Особенно известно по своей громадной глубине и длине ущелье реки Колорадо в Северной Америке.

Его крутые, часто отвесные склоны представляют интересный пример влияния чередования более твердых и более мягких горных пород, пласты которых лежат горизонтально. Твердые пласты или толщи лучше сопротивляются размыву и в берегах держатся отвесными стенками; рыхлые или мягкие пласты или толщи легко размываются, осыпаются и образуют откосы. Поэтому на склонах речной долины или ущелья при таком чередовании мы видим целыми этажами друг над другом более или менее высокие отвесы — стенки из твердых пород, а в промежутках между ними откосы, часто заросшие травой, кустами, даже деревьями и соответствующие пластам или толщам мягких пород (рис. 7).

Овраги. Населению средней полосы Европейской части СССР хорошо знакомы овраги, а украинцам — балки. Эти более или менее глубокие, длинные и разветвленные углубления врезаются в мягкие горные породы деятельностью текучей воды. В иных на дне течет ручеек, другие в сухое время безводны, а во время дождей собирают воду ручейков и ручьев, стекающих с окружающей местности.

Овраги — наглядный пример размывающей работы воды. Они приносят большой вред сельскому хозяйству.

Овраг своими верховьями и разветвлениями — боковыми оврагами — врезается, как щупальцами, в пашни, луга, огороды, селения. Со всех сторон к оврагу сходятся ложбинки и рытвинки, по которым стекает снеговая и дождевая вода. Эти ложбинки и рытвинки врезаются постепенно глубже в мягкую почву и превращаются в новые ветви оврага, уничтожая кусок за куском площадь пашни или выгона и затрудняя обработку соседних с ними полос; подступая к селению, они врезаются в огороды, подбираются к стенам зданий.

Помимо того что они превращают удобные земли в неудобные, они вредят еще тем, что дождевая вода быстро скатывается в овраг; не будь его — она заставалась бы на полях и лучше увлажняла почву. Овраги вскрывают также подземные водоносные горизонты, дают им быстрый сток и таким образом осушают окружающую местность (рис. 8 и 9).

Поэтому с ростом и развитием оврагов нужно бороться. Необходимо закреплять именно те места, где ложбинка, углубляясь, превращается в рытвину. Эти места оврагов самые опасные. Здесь дождевой ручеек, текущий по ложбинке, образует водопадик, который быстро размывает почву и отступает вверх по течению, показывая нам наглядно, как растет ветвь оврага, как рытвина ширится, углубляется, становится все длиннее и длиннее, захватывая новые места. Оголенные откосы оврагов, с которых дожди смывают мягкую почву и таким образом расширяют их, нужно покрывать дерном или засаживать кустами и де-

ревями. При сравнительно небольших затратах труда и средств большинство оврагов может быть превращено со временем в ро-
щи; овраги сделаются безопасными и дадут возможность в буду-
щем получать древесину.

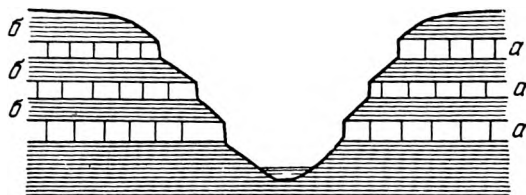


Рис. 7. Поперечный профиль речной долины.
а — пласты твердых пород; б — пласты мягких пород.

Перенос материала. Мы познакомились с размывающей ра-
ботой текучей воды. Теперь проследим судьбу того материала,
который создается этой работой. Мелкие частицы песка и глины,
которые дождевые ручейки выносят в речки и реки, и те, кото-
рые река вымывает из своих берегов, совершают вместе с водой
близкое или далекое путешествие в зависимости от своего веса.
Крупная и потому более тяжелая песчинка в реке скоро сядет
на дно, мелкая, более легкая, путешествует дальше. Сравни-
тельно немногие сразу уносятся в озеро или море, в которое впа-
дает река, это те, которые попадают в реку весной, вынесенные
снеговой водой или дождями, вообще во время половодья, когда
реки выходят из берегов и текут быстрее. Вода рек во время по-
ловодья всегда гораздо грязнее, чем в сухое время года. Быстро
попадают в море и те частицы, которые переносятся грязными
и быстротекущими реками, как Кура, Терек, Аму-Дарья, Ку-
бань. Хуанхэ (Желтая река) в Китае выносит в море столько
мелкой мути, что морская вода на значительной площади также
становится мутной, и эта часть Тихого океана называется Жел-
тым морем. В течение года количество мелкого осадка, который
некоторые реки выносят в моря, составляет огромную величину.
Произведенные измерения количества мути в определенном
объеме воды в разное время, помноженного на количество воды,
изливаемое рекой в море или озеро в течение года, позволили
вычислить следующие числа выноса в кубометрах осадка:

Рейн выносит в Боденское озеро	8 172 000
Риони выносит в Черное море	8 000 000
Ганг выносит в Индийский океан	177 000 000
Аму-Дарья выносит в Аральское море	44 854 000



**Рис. 8. Верховье быстрораствующего оврага на берегу реки Томи
выше города Томска.**

Фото В. А. Обручева, 1904



Рис. 9. Две вершины оврага на плато Усть-Урт, Казахстан.

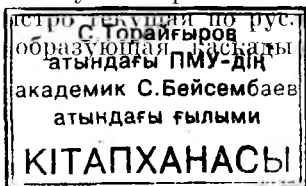
(Фото М. В. Баярунас)

Хуанхэ выносит в Желтое море ежедневно во время половодья 29 160 000 кубометров, а в малую воду 72 576 кубометров осадка, т. е. в 416 раз меньше. Этот пример показывает огромную разницу между работой реки во время половодья и в малую воду. Ученые еще не определили точно, сколько дней в году продолжается в среднем половодье Хуанхэ. Если мы примем, что оно продолжается только 30 дней, а мелководье — 335 дней, то окажется, что эта река выносит в море в течение года более 900 млн. кубометров ила. Этим количеством можно покрыть площадь в 1 кв. километр на высоту в 900 метров, т. е. построить из вынесенного за год ила довольно высокую гору. Даже сравнительно чистая река Рио-де-Жанейро выносит в Черное море, а Рейн в Боденское озеро ежегодно столько осадка, что им можно покрыть такую же площадь на высоту 8 метров. Это даст нам хорошее представление о том, какую массу материала выносят все реки Земли ежегодно в озера и моря. А сколько всякого материала оседает на дно самих рек, наращивая его более и более, сколько его остается во время половодья на затопляемых берегах, на так называемой пойме!

Области размыва и отложения. Проследим теперь реку от ее истоков до устья, чтобы познакомиться немного с характером потока текущей, размывающей и переносящей воды.

Система каждой реки складывается из более или менее многочисленных ветвей, и не всегда легко решить, которая из них является главной и заслуживает названия, которое ей дают на карте, например Волга, Днепр, Дон. Каждая ветвь начинается небольшим источником, выбивающимся где-нибудь в вершине оврага из земли или вытекающим из болота или озера, и представляет ручеек, журчащий по лесной или степной долине. Несколько таких ручейков соединяются и дают более крупный ручей, несколько ручьев, сливаясь, образуют речку, несколько речек — реку. Ручьи, речки и реки производят или размыв или отложение материала, что зависит главным образом от уклона их русла в данном месте, обуславливающего быстроту течения воды. Чем быстрее течет вода, тем больше ее размывающая сила, тем скорее и глубже русло речки врезается в каменные породы, слагающие дно долины. В верхнем течении уклон обыкновенно бывает наибольший, здесь происходит размыв. На первый взгляд он незаметен, вода в ручье как будто чистая и взмучивается только во время дождя или таяния снега, когда стекающие к ручью с окружающей местности струйки воды приносят с собой муть.

Даже в горах, где верховья рек представляют ручьи, круто стекающие по долинам, более или менее глубоко врезанным в каменные породы, вода этих ручьев, образующая русла из песка, гальки и валунов, местами



553091



Рис. 10. Верховья реки Юй-Тас, Джунгарский Алатау, Казахстан.

(Фото В. В. Сапожникова)

водопада, в сухое время кажется чистой. И тем не менее она размывает свое русло все глубже, но очень медленно. Размыв хорошо виден во время дождя или таяния снегов, когда вздувшийся ручей то тут, то там подмывает берег, передвигает и перекатывает гальку и даже валуны русла, постепенно смещая их вниз по течению. В это время его размывающая работа значительно усиливается (рис. 10).

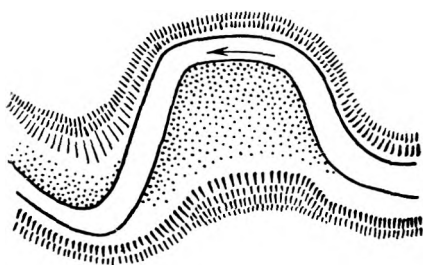


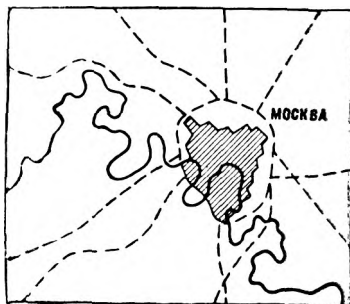
Рис. 11 Сбразование изгиба (меандра) русла реки.

Ниже по течению, где из ручьев и речек сложилась уже порядочная река, уклон ее русла становится меньше, и вода, текущая медленнее, уже не в состоянии врезаться глубже. Здесь начинается область бокового размыва: река начинает впасть, подмывая то один берег, то другой. Первоначальные слабые изгибы русла постепенно становятся круче,

потому что течение воды всегда сильнее у вогнутого берега, вдоль которого расположены и наибольшие глубины. тогда как выпуклый берег, вдоль которого река мельче и течение слабее,

наращивается отложением материала. Подмываемый берег мало-помалу отступает, и извилина реки становится все более и более резко выраженной, превращаясь, наконец, в настоящую петлю (рис. 11—13). Такие извилины рек называют **меандрами** по имени реки в Греции, у которой они сильно выражены.

Подмывая то правый, то левый берег и отодвигая его обрыв в сторону, река постепенно расширяет свою долину, так что область бокового размыва можно назвать также областью расширения долины. Меандры в более или менее сильном развитии читатель может наблюдать у многих рек небольшой и средней величины, текущих по равнине. Прекрасный пример — меандры Москвы-реки в пределах столицы Советского Союза (рис. 12).



Развитие меандров часто приводит к созданию оторвавшихся от реки озерков и заливов. Во время половодья, когда река выходит из берегов, она может промыть себе новое русло по прямому направлению через основание петли, в особенности если оно узкое, и сохранить это направление и после спада воды. Вход в петлю постепенно закрывается отложением песка, ила, гальки, и петля превращается в длинное озеро, которое сначала сообщается с рекой своим выходом (рис. 14). Но в спокойной воде этого озера вода, проникающая в него из реки, охотно отлагает приносимый материал, и выход из озера в реку постепенно закрывается у самого устья или на некотором расстоянии от него. В последнем случае получается залив, очень удобный для зимней стоянки судов, так называемый **затон**, но недолговечный, так как постепенно и он мелет в связи с отложением материала в спокойной воде. Такие отделившиеся от реки извилины называются **тардами**. Они постепенно зарастают водорослями, камышами, мелеют, превращаются в болота и, наконец, исчезают.

Не следует думать, что в области размыва происходит только углубление долины, а в области бокового размыва только ее расширение. И здесь и там, кроме размыва, происходит и отложение материала — везде, где вода течет медленнее, она отлагает ил, песок, гальку.

В русле даже быстрой горной речки мы не везде видим выходы твердых каменных пород, в которые врезана долина, а во многих местах — песок, гальку, валуны. Но этот материал в области размыва лежит в русле на данном месте временно; при



Рис. 13. Меандры и старицы реки Аргунь, Забайкалье.

следующем половодье он целиком или частью будет перенесен на новое место, а отдельные частицы его вымываются и уносятся и в малую воду. В области расширения долины материал, переносимый рекой, отлагается у выпуклых берегов, извилины и здесь лежит неопределенное время. В этой области, кроме бокового размыва, уже происходит и отложение материала, и все

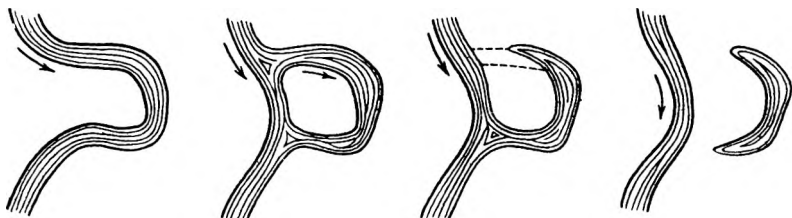


Рис. 14. Превращение меандра в старицу.

дно долины над руслом также может состоять из более или менее значительного слоя этого материала.

Но собственно область отложения мы найдем в нижнем течении реки, где уклон ее русла еще более пологий, течение медленное и размывать берега вода в обычное время уже не может. Здесь из воды оседает более мелкий и легкий материал, принесенный с верхнего и среднего течения; более грубый, тяжелый, в виде гравия и гальки, большей частью отложился уже в среднем течении. Все дно русла и его берега состоят из этого мелкого материала — ила и песка, иногда только с простойками гравия и гальки. Даже во время половодья, когда река

выходит из берегов, она за редкими исключениями не размывает, а отлагает материал.

Дельты. Но многие реки даже в нижнем течении не успевают освободиться от всего переносимого водой материала, если

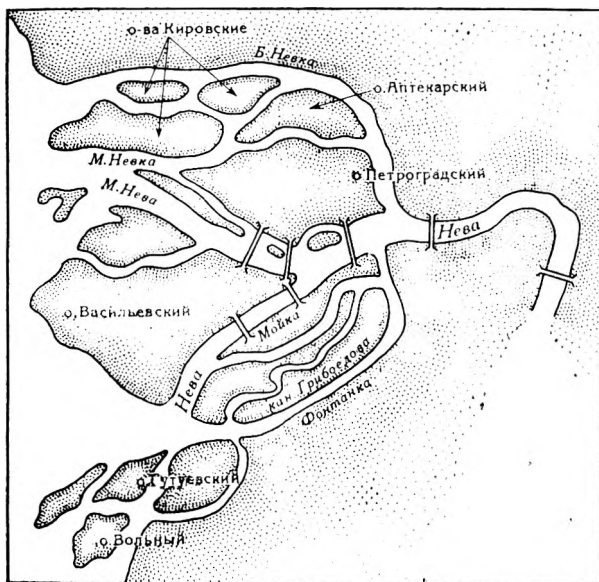


Рис. 15. Дельта реки Невы.

его много. Мы привели выше цифры, показывающие, какое огромное количество муты некоторые реки выносят в озера или моря. Значительная часть этого материала оседает в самом устье реки, в стоячей воде и мало-помалу образует так называемую дельту. Последняя в общем имеет форму треугольника, обращенного вершиной вверх по реке, почему и получила свое название от греческой прописной буквы «дельта», имеющей форму треугольничка (Δ). Слагаясь из оседающего песка, ила, даже гальки (у рек, текущих в горных местах, у которых и в низовьях сила течения так велика, что переносит грубый материал), дельта постепенно растет, выдвигается в озеро или в море, поднимается над поверхностью воды в виде низкой, часто болотистой равнины (например, река Риони). Река в пределах дельты ветвится, делится на множество рукавов, часто извилистых, меняющих свое положение во время половодья, когда дельта затопляется, оставляющих после себя озерки. При затоплении отлагающийся материал постепенно повышает дельту; она зарастает травами, кустами, даже деревьями. Многие крупные реки имеют

очень большие дельты, например Волга, дельта которой состоит из сотни рукавов и протоков; Нева, на дельте которой построен Ленинград; Лена, Нил, Миссисипи. Дельты постепенно нарастают также под водой, и море вокруг них мелеет (рис. 15).

Мели и острова. В среднем и особенно в нижнем течении многих рек мы нередко видим острова, состоящие большей частью из наносного материала, редко из каменного. Каменные острова представляют выступ какой-нибудь породы, особенно твердой, уцелевший при врезании русла реки. Таких каменных островов много, например, по среднему течению реки Катунь на Алтае, в тех местах, где она стремительно бьется в своих порогах. Одни из этих островов поднимаются небольшими горбами и грядами над водой, другие, более высокие, даже поросли деревьями. Гораздо чаще острова состоят из песка или из песка и гальки и создаются большей частью из отмелей, которые образуются среди реки в местах замедленного течения, где вода постепенно отлагает материал. Отмель, увеличиваясь, поднимается над уровнем низкой воды и зарастает кустами, травой, деревьями; в половодье острова часто затопляются, что еще более способствует их росту, так как кусты и деревья задерживают течение. Многие острова образуются вокруг плавника, например дерева с корнями; река несла его во время половодья, корнями оно зацепилось и застряло при спаде воды на мелком месте и явилось причиной замедления течения и отложения наносов. Иные острова тянутся на сотни и тысячи метров, разделяя реку на два, иногда и на большее число рукавов; некоторые из них постепенно мелеют и становятся несудоходными.

Речные террасы. На склонах многих речных долин мы видим уступы, которые называются террасами. Одни состоят из каменных пород, другие же из гальки, песка, ила. Первая, ближайшая к руслу реки терраса поднимается над водой небольшим обрывом или откосом; на ее ровной поверхности мы видим луга, кусты, рощи. Эта терраса называется пойменной, или поймой; в половодье она отчасти или полностью затопляется рекой, выходящей из берегов. Следующая терраса поднимается обрывом или откосом над поймой на ту или другую высоту; она называется надлуговой и уже никогда не затопляется; поэтому на ее поверхности раздвигают пашни, строят селения и города. Над этой террасой поднимается во многих случаях еще одна, а иногда две, три и более, различной высоты (рис. 16).

Какие же силы создали эти уступы, окаймляющие долину реки, словно ступени лестницы исполина? Они созданы той же рекой, процессами размыва и отложения. Изучение их разъясняет нам историю развития речной долины. Каждая терраса свидетельствует о резкой перемене условий этого развития. Терраса, состоящая из каменных пород, показывает, что после из-

вестного времени. в течение которого река на данном участке только расширяла свою долину боковым размывом, какие-то причины заставили ее снова врезаться глубже в твердые породы дна этой долины. Такие террасы называют террасами размыва (рис. 17).

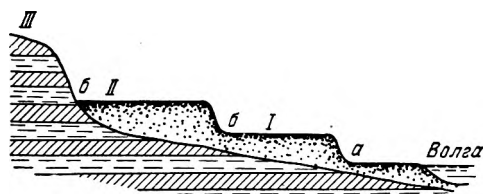


Рис. 16. Террасы реки Волги.

а — пойма с гривами и старицами: I — первая терраса, II — вторая терраса, III — коренной берег; б — болотца.

Терраса, сложенная из наносного материала — слоев песка, ила, гальки, показывает, что в течение известного времени, более или менее продолжительного, о чем мы можем судить по высоте этой террасы, река на данном участке ее долины уже не размывала материал, а отлагала его в своем русле, а затем какая-то сила заставила ее снова врезаться и размывать свои собственные отложения (рис. 18).

Что же могло заставить реку резко изменить свою работу? Прежде всего возникло предположение, что в зависимости от изменения климата, сделавшегося более влажным, богатым осадками, река, бывшая маловодной и потому «слабосильной», стала многоводной и начала снова врезаться в свои отложения. В некоторых случаях это предположение оправдывается. Изучение четвертичного периода земной истории, который начался с появления человека и продолжается и в настоящее время, показывает, что эпохи сухого климата сменялись эпохами более влажного. Об этом мы будем говорить дальше. Но в большинстве случаев причина изменения работы реки была другая и более существенная, именно увеличение скорости ее течения, от которой главным образом и зависит эта работа. Увеличение же скорости течения могло быть обусловлено изменением уклона русла.

Этот уклон, как мы знаем, наибольший в верхнем течении, меньший в среднем и наименьший в нижнем; в общем же, если вычертить в масштабе линию речного русла от устья до истоков, мы получим плавную кривую, которая называется кривой или профилем равновесия. Уровень озера или моря, в которое впадает река, называется базисом эрозии, т. е. размыва,

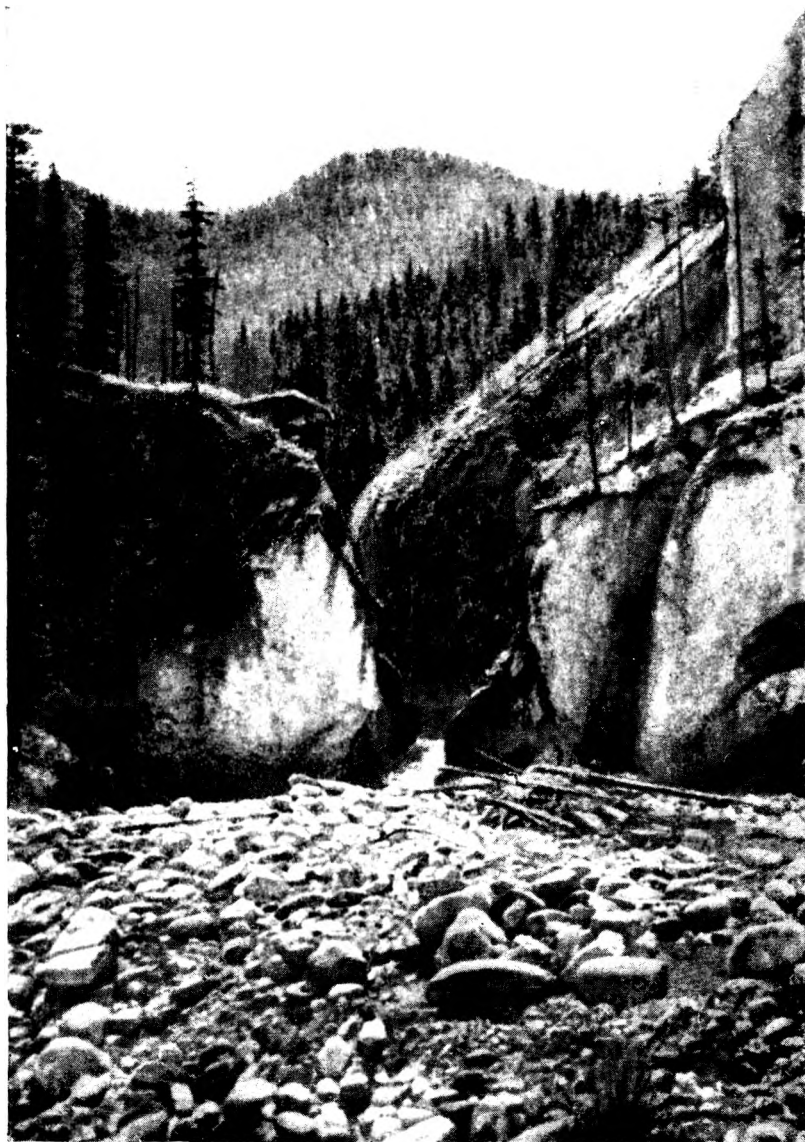


Рис. 17. Терраса размыва с ущельем, Восточный Саян.

(Фото С. В. Обручева, 1954)



Рис. 18. Терраса реки Араван в ее верховьях.

(Фото Д. И. Щербакова)

так как вся работа реки происходит выше этого уровня, а ниже него невозможна. Представим себе, что этот уровень понизился, потому что озеро осушилось или стало мельче или потому что море отступило. Понижение базиса эрозии немедленно отразится на работе реки: в ее низовьях плавная кривая как будто

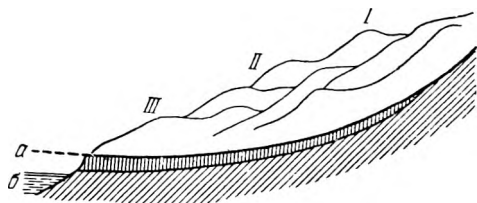


Рис. 19. Кривая равновесия речного русла.

I — область питания; *II* — область бокового размыва; *III* — область отложения;
a — прежний и *б* — новый базис эрозии; вертикально заштрихована терраса.

переломилась, уклон русла резко увеличился, и река, которая в низовьях не размывала, а отлагала материал, начинает размывать, врезаться в собственные отложения. Этот размыв постепенно перемещается вверх по течению, так как река вырабатывает себе новую кривую равновесия всегда снизу вверх. Это продолжается очень долго, целые столетия или даже тысячелетия. Врезая свое русло в свои прежние отложения, река и оставляет часть их на обоих берегах в виде уступа — террасы, высота которой постепенно уменьшается вверх по долине, а в низовьях зависит от того, насколько понизился базис эрозии (рис. 19).

Этот же процесс — понижение базиса эрозии и обусловленное им врезание реки в свои отложения или даже в каменные породы древнего дна — может повториться еще и еще раз, и в результате долина реки окажется окаймленной несколькими террасами различной высоты.

Но тот же результат — увеличение уклона русла и обусловленные этим новый размыв и выработка рекой новой кривой равновесия — может быть достигнут не понижением базиса эрозии, а поднятием всей местности. Но если при этом поднятии базис эрозии останется на прежнем уровне, т. е. страна как будто выпучится вверх, больше в верховьях реки, мало в ее низовьях, то процесс нового размыва начнется не с устья, а с верховьев, потому что в верховьях уклон изменился, и образующаяся терраса будет постепенно вырабатываться и появляться сверху вниз по течению. Изучение террас вдоль реки, их высоты и положения даст ответ на вопрос, чем обусловлено их появ-

ление — понижением базиса эрозии или поднятием страны (рис. 20).

Пороги. На реках в горной местности нередко встречаются даже в среднем и нижнем течении участки, на протяжении которых спокойное течение реки становится бурным, в русле

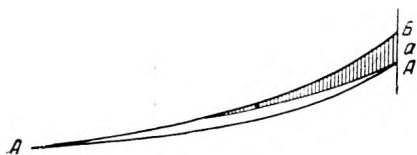


Рис. 20. Изменение кривой равновесия при подъеме местности на высоту a в истоках реки.

АА — прежняя кривая; БА — кривая после поднятия; вертикально заштрихована терраса.

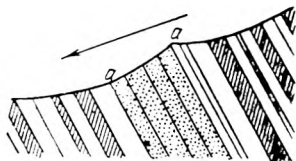


Рис. 21. Образование порогов при пересечении руслом толщи твердых пород $a - a$.

появляются крупные камни, скрывающиеся под водой только в половодье, а иногда отдельные скалы и гряды скал, более или менее обмытые и обточенные водой. Такие участки называются порогами и составляют большое препятствие для судоходства. Нужно большое умение лодмана, хорошо знающего это место при различных уровнях воды, от которых зависит и быстрота течения и количество выступающих из воды камней, чтобы провести плот, лодку или более крупное судно через порог. Некоторые пороги проходимы только в высокую воду, на других ежегодно разбиваются плоты и гибнут люди, третьи вообще непроходимы. Пороги большей частью образуются там, где среди каменных пород, в которые врезана речная долина, выступают особенно твердые, которые труднее поддаются размыву, чем залегающие выше и ниже порогов. Много порогов на крупных реках Сибири — Енисее, Ангаре, Подкаменной и Нижней Тунгуске, Витиме, Вилюе, Бие, Катунь; на Ангаре в среднем течении знамениты пороги Падунский (где сейчас строится Братская ГЭС. — *Ред.*) и Шаманский.

В порогах спокойная река ускоряет течение, волнуется, образует водовороты, пенится, огибая камни или перелпываясь через них, струи воды мечутся то в ту, то в другую сторону, река как будто кипит, а миновав порог, снова становится спокойной. Быстрое течение в порогах показывает, что здесь уклон русла сразу увеличился; этот участок особенно твердых пород нарушает кривую равновесия, представляет перелом в ней (рис. 21). Выше и ниже него река находится или в области бокового размыва или даже в области отложения, а в пределах порога развитие ее русла из-за твердости пород отстало, река еще размывает русло вглубь (рис. 22).



Рис. 22. Пороги на реке Бирюсе, Восточный Саян.

(Фото Н. А. Молчанова)

На реках, текущих по равнинам, пороги очень редки. Таковы пороги Днепра близ бывшего селения Кичкас, обусловленные выходом гранита. Они представляли большое препятствие для судоходства, но теперь исчезли. На этом месте построена гигантская плотина Днепровской гидроэлектрической станции (ДнепрогЭС), высоко поднявшая уровень воды: камни и скалы скрылись на глубине: часть их сохранилась еще ниже плотины, но суда обходят их по каналу с системой шлюзов.

Многие пороги можно преодолеть проще, именно уничтожая камни и скалы в русле, взрывая их.

Водопады. Еще более красивое и грандиозное явление представляют водопады на реках и речках. Они также обусловлены выходом твердых пород, но в виде более или менее высокого уступа в русле, с которого вода и низвергается. Водопады имеются в горах на многих ручьях и мелких речках, например на Кавказе, на Алтае, в Швейцарии (рис. 23). Реже они встречаются на больших реках. Наиболее известны водопады Ниагара в Северной Америке и Виктория на реке Замбези в Южной Африке. Водопад Кивач в Карелии состоит из нескольких уступов, а Имагра в Финляндии — в сущности крутой порог.



Рис. 23. Водопад Кок-Куль, Алтай.
(Фото В. А. Калюжного)

Водопад Ниагара (рис. 24) падает с высоты 50 метров; он разделен Козьим островом на две части: канадскую, подковообразную, шириной в 792 метра, и американскую, в 427 метров. Ниже водопада река течет на протяжении 10 километров в узком ущелье, промытом ею.



Вода, падающая с высоты, приобретает большую размывающую силу; поэтому у подножия водопадов часто образуются глубокие ямы и водовороты, размывающие обрыв, с которого падает вода, и способствующие обрушению пород сверху и постепенному отступанию водопада вверх по реке. Ниагара ежегодно отступает на 1,5 метра в канадской и на 0,9 метра в американской части; все ущелье в 10 километров промыто водой при отступании. Еще грандиознее водопад Виктория на реке Замбези, который имеет в ширину около 1800 метров и падает с высоты 120 метров, а также водопад Игуасу на границе Бразилии и Аргентины, который достигает 1500 метров ширины и падает с высоты 65—70 метров. Замбези ниже водопада также течет в очень глубоком ущелье, промытом ею и образующем два очень крутых колена.

Пороги также иногда сочетаются с ущельями. Например, течение реки Терека в Дарьяльском ущелье на Кавказе представляет целый ряд порогов. Наиболее грандиозно ущелье реки Колорадо в Северной Америке: оно имеет в длину более 320 километров при глубине в 900—1800 метров. Эта река на всем протяжении преодолевает пороги: ширина ее только 60—90 метров. Длинные и глубокие ущелья называют также каньонами, употребляя испанское наименование.

На порогах, под водопадами и вообще в местах быстрого течения вода высверливает глубокие впадины, называемые исполновыми котлами (рис. 25). Струи воды приводят во вращательное движение валуны твердых пород, лежащие свободно (порознь) на поверхности породы. Мало-помалу такой валун истирает породу под собой и делает в ней углубление, которое растет преимущественно в глубину и, наконец, становится котлообразным с цилиндрическими стенками и вогнутым вниз дном. Валун при этом, конечно, несколько истирается сам. Чем больше разница в твердости между валуном и коренной

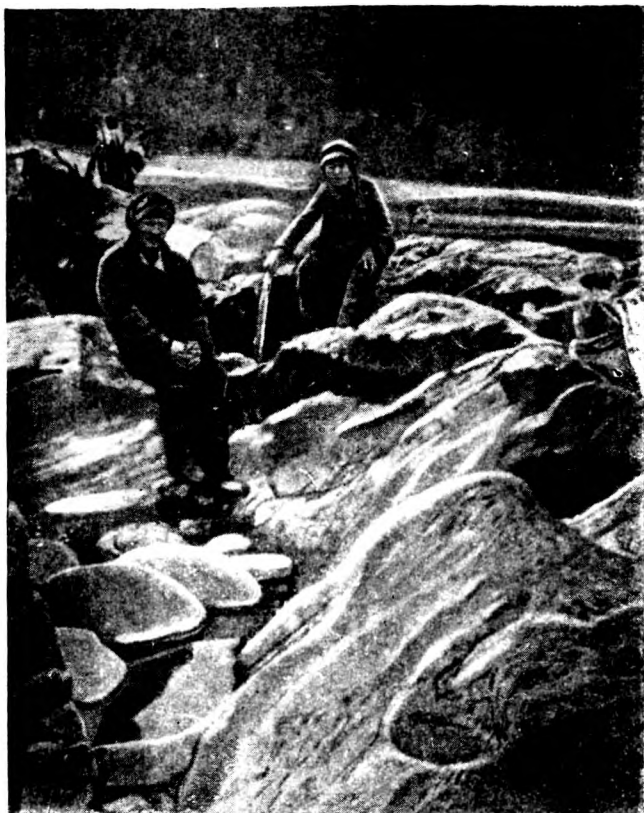


Рис. 25. Исполиновые котлы в ущелье реки Енисей,
Западный Саян.

(Фото П. А. Молчанова)

породой, тем скорее высверливается котел. Такие котлы иногда располагаются целыми группами. Если они находятся на берегу выше самого высокого уровня воды в половодье, это доказывает недавнее углубление речного русла.

Половодье. До сих пор мы рассматривали работу текучей воды при нормальном уровне реки, хотя не раз упоминали и о половодье. Теперь нужно сказать несколько слов о том, что представляет собой река во время высокого уровня воды, т. е. в половодье.

В поясе умеренного климата, в котором мы живем, половодье бывает весной в зависимости от таяния массы снега,



Рис. 26. Силевой вынос мелкого материала в горах Штиль-уотер, штат Невада, США.

накопившегося за зиму. В разгар весеннего таяния всюду бежит вода, все ложбины, рытвины и овраги превращаются в мутные ручьи. Через иной из них не перескочишь и вброд не перейдешь из-за глубины и быстрого течения. Речки и реки, в которые стекает эта вода с полей и лесов, вздуваются, зимний лед, покрывавший их, ломается, начинается ледоход, и реки выходят из берегов, заливают пойменную террасу на большее или меньшее пространство в зависимости от количества снега и быстроты его таяния. Если весна холодная, таяние идет медленнее и подъем воды в реке меньше, зато половодье продолжается дольше. Теплая, дружная весна дает сразу много воды.

Весенняя вода всегда очень мутная, грязная: все ручейки, текущие с полей, размывают свое ложе и свои берега и приносят в реки много ила и песка. Вздувшиеся речки и реки в свою очередь усиливают работу размыва, так как текут быстрее, воды в них больше и она заливает те части берега, которые в половодье ей недоступны. Даже небольшие реки превращаются в широкие и глубокие потоки. Мутная вода несет кусты и деревья, вырванные с подмытых берегов, и всякий хлам, снесенный весенней водой с полей, с огородов, с улиц сел и городов.



Конус выноса в верховьях Яблоневой щели известнякового хребта юго-западнее оз. Сайрам-нур в Джунгарском Ала-Тау.

(Фото Б. А. Федоровича)

И чем больше река, тем выше уровень воды в половодье, достигая в низовьях 10—15 и даже 20 метров над уровнем в межень, т. е. в среднюю воду.

Кроме весеннего половодья, иногда бывает летнее и осеннее, в зависимости от продолжительности и силы дождей. Так, во всем бассейне реки Селенги, впадающей в озеро Байкал, и в бассейне реки Амура на Дальнем Востоке весеннее половодье бывает небольшое, так как зимой выпадает мало снега. Зато вторая половина лета очень дождлива, и летнее половодье нередко сопровождается наводнением, весьма губительным, так как оно совпадает с сенокосом или с уборкой хлеба; затопляются луга, и скошенная трава покрывается илом и становится негодной, а скошенная уносится водой; задерживается жатва или же сжатый хлеб мокнет и прорастает.

В странах, где зимы мягкие, почти без морозов, как на западе и юге Европы, в южных штатах США и у нас на Кавказе, вместо снега зимой идет дождь, и половодье бывает зимой, а иногда также осенью. Под тропиками зима сухая и ясная, а летом идут проливные дожди, поэтому там половодье бывает только летом и затягивается надолго.

Когда бы ни происходило половодье, в продолжение его текущая вода значительно усиливает свою работу размыва и отложения. Как мы уже упоминали, Хуанхэ в половодье переносит ежедневно в 400 раз больше осадков, чем в малую воду. Река Ганг в Индии выносит осадков (в кубометрах):

За 122 дождливых дня	170 000 000
За 5 зимних месяцев	6 000 000
За 3 сухих месяца	1 000 000

Следовательно, за 4 месяца дождей Ганг выносит в 24 раза больше осадков, чем за остальные 8 месяцев года.

Количество воды в реках во время половодья по сравнению с меженью увеличивается в странах с более равномерным климатом в 2—3 раза, а в странах с влажной зимой, богатой снегом или дождем, в 5—20 раз и больше. Например, Москва-река в половодье несет в 30 раз больше воды, а иногда даже в 100 раз больше, как это было в сильное наводнение 1880 года.

Сили или муры. Кроме тех отложений, которые регулярно создает река своей работой в виде ила, песка, гравия и галечника и которые располагаются в ее долине по руслу, на пойме и в террасах, мы найдем подобные же отложения, созданные временными потоками. Такие потоки характерны для пустынь и вообще для стран с очень сухим климатом, где дожди выпадают редко, в виде внезапных очень сильных ливней. Но подобные ливни в виде исключения случаются и в странах с умеренным



Рис. 27. Обнажение пролувия на берегу Малого моря Байкала над сбросовым обрывом Приморского хребта между речками Сармой и Хурмой.

(Фото В. В. Ламакина, 1953)

климатом и равномерным распределением атмосферных осадков. Огромная масса воды, выпадающая при таком ливне, быстро скатывается, не успевая впитываться в почву, как продолжительный, но мелкий дождь. Эти ливни проделывают в короткое время огромную разрушительную работу и в населенных местах причиняют большие убытки.

Особенно вредны они в гористых местах, так как в овраги или в горные долины вода скатывается со склонов и создает бурный поток, который бешено мчитсЯ вниз по уклону. Этот поток смывает со склонов дерн, врезывает глубокие рывтины, захватывает щебень и валуны и даже крупные глыбы и выбрасывает весь этот материал на равнину или в широкую долину, где вода быстро разбегается, теряет силу и оставляет свои наносы в виде толстого слоя, заваливающего дороги, сады, улицы селений. После такого ливня приходится убирать сотни тонн этого наноса, очищать сады, ремонтировать постройки.

Такие бурные ливни называют в Европе мурамы, в Средней Азии — слиями, а их отложения — силевыми. Они случаются изредка в гористых местах Югославии, у нас в Крыму, на Кавказе, в Армении, Туркмении, Казахстане. Нередки они и в пу-

стынях, где дождей мало, но зато достигают большой силы и выносят с гор на равнины массу материала.

Силевые выносы отличаются от речных отложений совершенно беспорядочным распределением материала; громадные глыбы, мелкие камни, песок, ил — все перемешано в них без всякой сортировки по величине и весу. В речных отложениях мы обычно видим наложенные и сортировку материала, можем наблюдать, что слой песка той или другой толщины сменяется выше и ниже слоями ила или слоями галечника; в последних галька подобрана более или менее по величине, и это переслаивание может повторяться много раз в обрыве берега или террасы. Только в горах, в области размыва, где дожди вызывают быструю прибыль воды, наложение часто становится беспорядочным, напоминая силевые отложения (рис. 26 и 27).

Ниже я описываю несколько случаев катастрофических силей.

Отложения, создаваемые текучими водами, вообще называются аллювиальными, или аллювием. Силевые же выносы выделяют под названием пролювия, к которому вообще принадлежат отложения временных потоков, вытекающих с гор на равнину и распределяющих свой материал в виде плоского конуса у подножия, так как на равнине поток быстро растекается во все стороны и теряет силу. Подобные же конусы, но более крутые, разной величины можно найти в устье многих оврагов и в устье горных ручьев, скатывающихся с крутых склонов в более широкую горную долину. В этом случае ручей, который на крутом склоне имел силу переносить грубый материал, теряет ее в связи с резким изменением угла падения и быстро отлагает валуны и гальку, нагромождая их в беспорядке. В оврагах, проложенных в более рыхлых и мягких породах, эти выносы состоят из песка, ила и мелких обломков. Такие конусы вообще называют конусами выноса. В сущности они являются дельтами в миниатюре, отличаясь от настоящих речных дельт большим углом уклона и беспорядочным расположением материала (рис. 28).

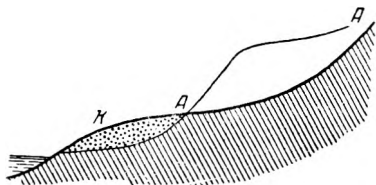


Рис. 28. Конус выноса К из боковой долины АА в главную.



II ЧЕМУ МОЖНО НАУЧИТЬСЯ НА БЕРЕГУ МОРЯ

Волна прибоя. Разрушение берега. Горло и терраса. Пологие и крутые берега. Береговые валы. Почему галька кочует вдоль берега. Течения. Образование осадочных пород. Пласты. Обнажения. Эстуарии, лагуны, лиманы. Типы озер.

Мы познакомились с работой воды, находящейся в постоянном движении, стекающей по уклонам земной поверхности в виде ручейков, рек и рек и производящей на своем пути разнообразные изменения этой поверхности. В одних местах она размывает, разрушает слои земной коры, в других — откладывает продукты этой разрушительной работы в виде валунов, гальки, песка, ила, т. е. создает новые слои.

На земной поверхности масса этой движущейся, текущей воды не так велика. Гораздо больше воды находится в спокойном состоянии, заполняя мелкие и крупные впадины в виде озер, морей и океанов.

Но эта вода, которую называют «стоячей», также работает над изменением земной поверхности, потому что она не везде и не всегда находится в спокойном, неподвижном состоянии.

Более или менее значительные массы этой стоячей воды в крупных озерах, морях и океанах

постоянно перемещаются, образуя течения, а движения воздуха в виде ветра передаются поверхностным слоям во всех бассейнах стоячей воды и создают ее волнение. Волны, набегающие на берега, в одних местах разрушают, размывают их, а в других отлагают материал, наращивают берег.

Прибой. Чтобы увидеть работу волн, нужно побывать на берегу моря или большого озера; в пруде или озерке даже сильный ветер вызывает только небольшую волну, работа которой мало заметна. Проследим сначала движение волн. Приближаясь к берегу, сравнительно ровные валы волнующейся воды резко меняются; гребень волны быстро заостряется, выдвигается вперед, и волна, шумя и пенясь, опрокидывается. Это обусловлено тем, что вблизи берега дно моря неглубоко и вода верхней части волны, гонимая ветром, опережает воду глубоких слоев, движение которой замедляется трением о дно. Кроме того, вода предыдущей, уже разбившейся волны, стекая назад по уклону дна, подшибает наступающую волну.

Опрокидывающаяся волна развивает значительную силу при своем падении. Вы можете проверить это при купании, подставив спину такой волне. Большая волна может сшибить человека с ног и выбросить на берег. Это опрокидывание волн у берега называется *прибоем*. По произведенным измерениям, давление волн прибоем составляет от 3000 до 30 000 килограммов на 1 квадратный метр. Морской прибой при сильных бурях может передвигать глыбы весом до 100 тонн и даже перебрасывать их, подобно мячу, через мол. Волна прибоем может поднять небольшие суда в сотню — другую тонн и выбросить их на берег. Всплески прибоем, разбивающегося о береговые скалы, достигают 60 метров высоты и более. Стекла одного маяка в Шотландии, находящиеся на высоте 80 метров над уровнем моря, иногда разбиваются камнями, взброшенными прибоем. Огромную силу развивает также волна, не опрокидывающаяся, а наступающая всей своей массой на крутой берег, при достаточной глубине воды.

Разрушение берега. Обрушиваясь на крутой берег, прибой мало-помалу разрушает его. Он вымывает на уровне воды горизонтальный желоб, *прибойное горло* (а на рис. 29), размеры которого зависят от твердости пород, слагающих берег (рис. 30 и 31). Этот желоб врежется все глубже, часть скалы,

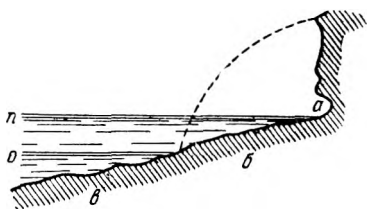


Рис. 29. Размыв крутого берега.
а — прибойное горло; б — волноприбойная терраса на уровне прилива п
е — то же на уровне отлива о.

оказавшаяся на весу, со временем обрушивается, крутой берег отодвигается назад. Прибой продолжает свою работу, и постепенно у подножия берега создается выглаженная волнами площадка, пологонаклонная к морю, называемая волноприбойной террасой; она постепенно расширяется за счет крутого берега (б на рис. 29).

На берегах океанов, где происходит приливы и отливы, т. е. уровень воды меняется четыре раза в сутки, достигая два раза максимума и два раза минимума, прибой создает две разделенные небольшим обрывом волноприбойные террасы — одну, более выглаженную, под уровнем прилива, другую под уровнем отлива (в на рис. 29). Это объясняется тем, что прибой во время прилива и отлива работает на разных уровнях, но при приливе всегда сильнее.

Волноприбойная терраса остается чистой, выглаженной волнами, если только крутой берег сложен из рыхлых пород, которые прибой разбивает на мелкие зерна, уносимые водой. Если берег состоит целиком или частью из более твердых пород, волноприбойная терраса более или менее густо усеяна их обломками, полученными при подмыве и обрушении берега. Эти обломки под ударами волн перекатываются, трутся друг о друга и мало-помалу округляются, превращаются в валуны и гальку, обычно окаймляющие более или менее широкой полосой подножие крутого берега, образуя пляж.

Иногда на волноприбойной террасе можно видеть отдельные скалы разной величины и формы, так называемые «останцы» — уцелевшие остатки пород крутого берега, все время еще омываемые и разрушаемые прибоем. Эти останцы иногда имеют очень причудливые формы в виде столбов, башен, ворот различных размеров (рис. 31).

Если уровень моря или озера остается постоянным долгое время, то крутой берег, постепенно отступая, наконец, уходит от прибоя. Сначала его разрушают волны любой бури, затем, когда он отступит, его будут достигать только волны более сильных бурь, позже — исключительных бурь, наконец — никаких. Тогда его отступление, перед тем все более и более замедлявшееся, прекратится, и крутой берег будет постепенно смягчаться осыпями и зарастать. Но валуны и галька его волноприбойной террасы, остающиеся в поле работы прибоя, будут все еще перекатываться, истираться и постепенно измельчаться. Так создается валунно-галечный пляж у подножия отступивших крутых берегов, который можно наблюдать во многих местах Крыма и Кавказа.

Но уровень моря не всегда остается одинаковым. Точные наблюдения показали, что в одних местах материк медленно поднимается и поэтому море как будто отступает, его уровень

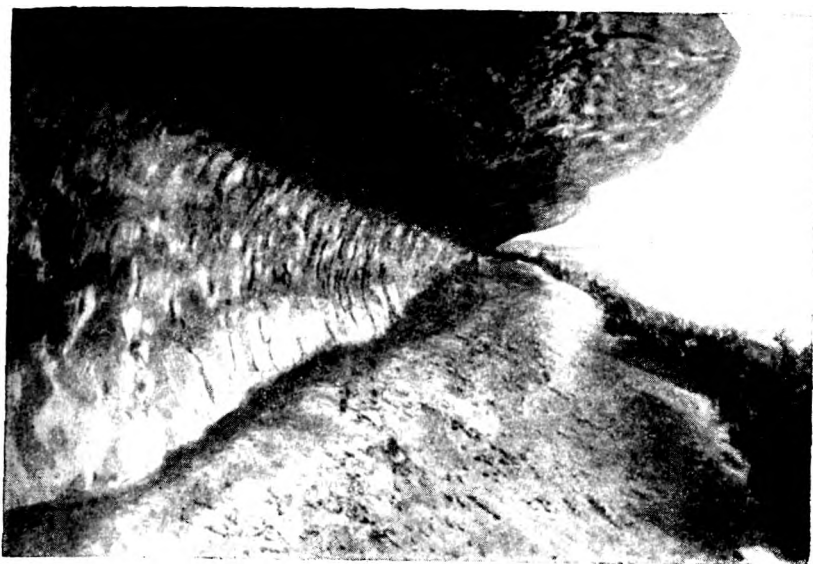


Рис. 30. Прибойное горло в горизонтальных пластах на острове Николая в Аральском море.

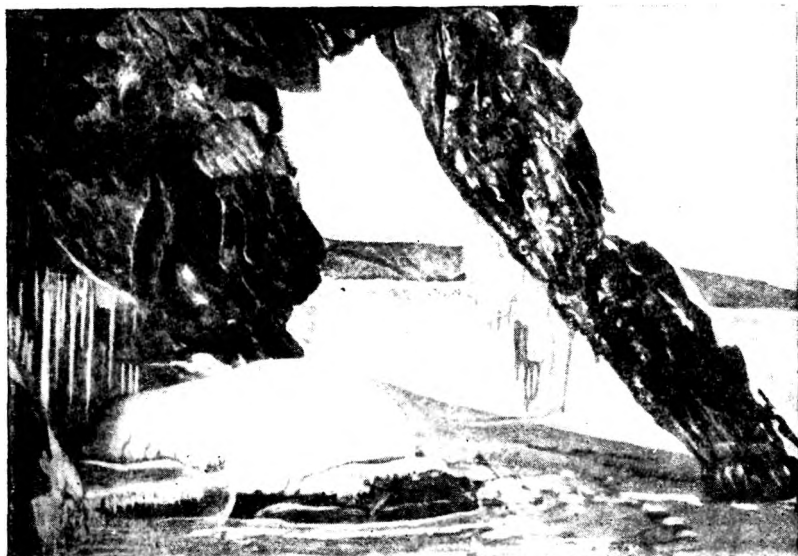


Рис. 31. Прибойное горло в крутонаклонных пластах. Скала Хобот. Шаманский мыс, Байкал.

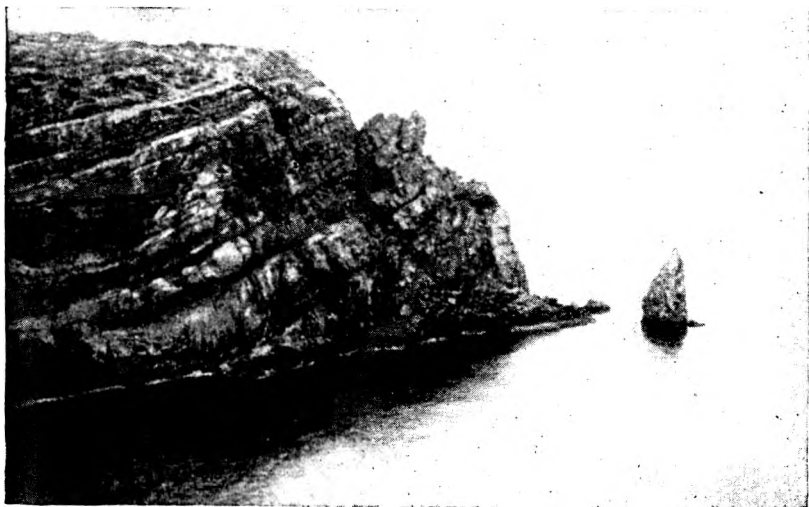


Рис. 32. Крутой скалистый берег почти без пляжа
Южный берег Крыма.

Фото В. А. Обручева 1904)

понижается. В других местах материк погружается, море как будто наступает, его уровень повышается. При отступании моря крутой берег, конечно, скорее выйдет из полосы работы прибоя и успокоится, а при наступании он не может уйти из этой полосы, и море постепенно захватывает все новые и новые полосы суши, превращая их в волноприбойную террасу.

Так при длительном погружении материка создаются обширные площади, выглаженные наступающим морем и называемые поверхностями «морской абразии», т. е. морского сбривания, срезания.

Перейдем теперь на *плоский берег* и посмотрим, что делает на нем прибойная волна. Когда гребень ее опрокидывается в нескольких шагах от берега, масса воды устремляется вверх по пологому откосу и несет с собой множество песчинок и мелкой гальки, а при сильном прибое даже валуны. Чем выше по откосу, т. е. ближе к урезу, тем тоньше слой взбегающей воды, и, наконец, близ уреза можно видеть, что эта вода вся впиталась в откос и назад не стекает, как остальная масса (рис. 33). Вот здесь, у верхней границы взбегающей воды, происходит отложение принесенного ею материала — песчинок, гальки, тогда как ниже этой границы сбегаящая вода уносит этот материал обратно в море. Так постепенно намывается, нарастает плоский берег, на котором в тихую погоду можно заметить несколько



Рис. 33. Плоский берег острова Цейлон во время прилива

валиков. Ближайший к воде валик плоский, состоит из песка и мелкой гальки и создан последним слабым прибоем. Следующий — немного выше, из более крупной гальки — соответствует последней сильной буре, а самый далекий от уреза воды и самый высокий, состоящий из самой крупной гальки, сохранился со времени особенно сильного шторма, который свирепствовал полгода или больше тому назад; волны вкатывались далеко на берег и оставляли на нем даже валуны.

Эти валики, протянутые вдоль плоского берега, называются береговыми валами. Те из них, которые находятся вблизи уреза воды, часто меняют свое место в зависимости от силы ветра и прибоя и являются современными образованиями. Валы, расположенные так далеко от уреза воды, что прибой уже никогда не доходит до них, показывают нам, что море отступило от прежнего берега, и это можно объяснить только поднятием материка, так как общее количество морской воды не меняется так быстро. Другое дело, если мы найдем такой старый береговой вал на берегу озера: он может служить доказательством уменьшения количества воды в озере, т. е. его усыхания (рис. 34).

При поднятии материка можно видеть не только береговые валы далеко от современного берега и высоко над уровнем воды,



Рис. 34. Береговые валы усыхающего озера Терстон в Калифорнии.
Озеро создано плотиной вулканической лавы.

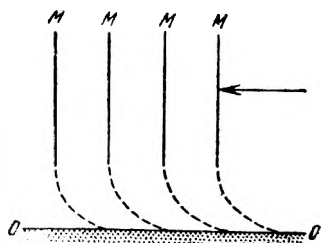
но и осушившиеся волноприбойные террасы, прибойные горла, источенные водой скалы, скопления валунов у их подножия, расположенные на различной высоте. На берегах озера все это является признаком усыхания.

В иных случаях при достаточно быстром поднятии материка можно видеть и висячие долины, т. е. долины ручьев или овраги, устья которых расположены не на уровне берега, а на некоторой высоте над ним, так как врезание дна долины происходило медленнее, чем поднятие материка (или усыхание озера). Вода из такой долины срывается водопадом или скатывается по крутому откосу на береговой пляж. Подобные висячие долины известны на западном берегу острова Сахалин, испытавшего недавнее быстрое поднятие.

Гальку и валуны мы можем увидеть на берегу моря или озера и в береговых валах только в том случае, когда плоский берег на некотором расстоянии сменяется крутым. Если последний очень далеко, то материал плоского берега будет исключительно песчаный или даже иловатый, вязкий. Таковы северные берега Каспийского моря, часть берегов Крыма (у Евпатории, Сиваша), берега многих озер в Прикаспийской степи, в Сибири. Такие плоские берега, в особенности близ устья больших рек, часто зарастают камышом на большом расстоянии, и эти заросли, в которых даже сильные волны постепенно слабеют, способствуют нарастанию берега.

The diagram shows a horizontal line representing a mirror, with points O and O' at its ends. A dashed line MM' is drawn at an angle to the mirror. A solid line MM' is drawn parallel to the dashed line. A light ray is shown entering from the top left, passing through a lens, and reflecting off the mirror. The ray is labeled with points A , B , C , D , E , and F . A dashed line NN' is also shown, parallel to MM' .

ММ — гребень ; косой волны; ОО — уреа воды; NN — косая волна другого направления; ABCDEF — путь гальки.



ММ — гребень волны;
ОО — урез воды.

Проследим путь какой-нибудь гальки, выбрав выделяющуюся по цвету среди других, например, белую или красную. Косая волна MM подхватила ее в точке A и протащила по направлению своего движения до точки B ; при отливе воды галька покажется не назад к A , а по линии наибольшего уклона пляжа, по которому стекает и вода, и попадает в точку C . Следующая волна подхватит ее и забросит в точку D , а при отливе галька скатится в точку E и т. д., постепенно подвигаясь вдоль берега, каждый раз на расстоянии перпендикуляра, опущенного из нижней точки нахождения гальки на линию ее скатывания, т. е. из A на линию BC , из C на линию ED и т. д. Это движение, конечно, часто прерывается и притом надолго. Нашу гальку особенно сильная волна может взбросить в точку F у самого берега, где она останется лежать, пока не придет и не смоет ее еще более сильная волна или она закатится в ямку на пляже и надолго застрянет в ней и т. п.

Читатель легко может проследить это движение галек на Южном берегу Крыма или на черноморском берегу Кавказа. При достаточно сильной косой волне нужно выбрать заметную гальку, следить за ее движением вверх и вниз в течение некоторого времени и затем измерить расстояние, на которое она продвинулась вдоль берега от пункта начала наблюдения.

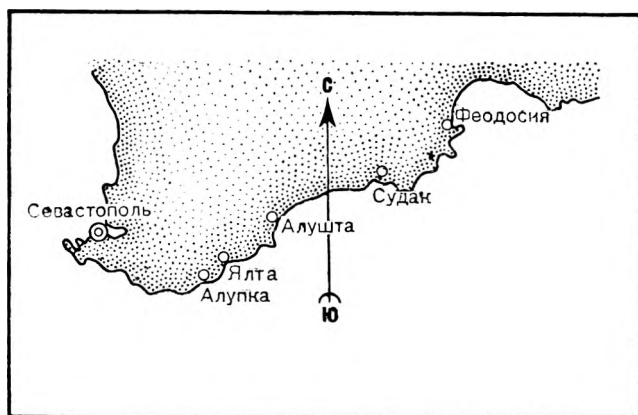


Рис. 37. Карта Южного берега Крыма.

Косая волна противоположного направления (NV на рис. 35), конечно, будет перемещать гальку назад. Волны, движущиеся в море перпендикулярно к береговой линии, при приближении к берегу также становятся косыми (рис. 36). В общем перемещение гальки в ту или другую сторону в конечном счете будет зависеть от преобладающего направления особенно сильных ветров, дующих наискось от моря к берегу. Так, на Южном берегу Крыма, который от Алупки до Феодосии направлен с юго-запада на северо-восток, как показывают метеорологические данные, галька должна перемещаться больше от Феодосии к Алушке, чем в обратном направлении. Поэтому не удивительно, что на пляже в Алуште мы находим породы, происходящие из береговых утесов Кара-Дага и Судака, а в Ялте и Алушке — породы из утесов Аю-Дага и Гурзуфа, кроме, конечно, преобладающих пород из местных утесов (рис. 37).

Особенно много перекочевавшей издалека гальки скопляется у основания далеко выдающихся в море мысов, а также в глубине заливов, откуда занесенная волнами галька выбраться уже не может. Тем же кочеванием материала — валунов, гальки, песка — вдоль берега объясняется и образование кос и пересыпей, постепенно перегораживающих выход из заливов и пре-

вращающих последние в лагуны и, наконец, в озера, утратившие связь с морем (рис. 38).

Течения. Кроме волн, приводимых в движение ветрами и очень непостоянных, в морях, океанах и крупных озерах имеются еще течения, т. е. постоянные перемещения более или менее значительной массы воды в том или другом направлении. Эти течения образуются в устьях рек, которые вливают в море воду пресную и теплую, т. е. более легкую, чем морская; эта вода течет в известном направлении поверх морской, постепенно смешиваясь с последней и теряя скорость.

Более крупные течения зависят от разности температур воды в разных частях океанов и от господствующих ветров. Так, из Карибского моря, сильно нагреваемого солнцем, выходит могучее теплое течение Гольфстрим, которое направляется через Атлантический океан к берегам Европы и обуславливает мягкий климат последней. Ветвь этого течения заходит еще к северу от Скандинавии и даже в Баренцево море.

Из Северного Ледовитого океана холодная вода выходит главным образом вдоль восточного берега Гренландии, образуя мощное холодное течение, доходящее до восточного берега Северной Америки и обуславливающее более прохладный климат в Канаде и Соединенных Штатах. Менее мощные течения идут из того же океана через Баффиново море западнее Гренландии и через Берингов пролив между Азией и Америкой.

Известен еще целый ряд холодных и теплых течений, рассматривать которые мы здесь не можем. Все они проходят настолько далеко от берегов суши, что производить размыв не могут, но переносят материал разного рода. Холодные течения выносят ледяные поля и айсберги, на которых попадают валуны и галька ледников Шпицбергена и других островов; при таянии льда этот материал падает на дно океана. Гольфстрим приносит обрывки водорослей и планктон, т. е. различные виды мелких плавающих животных и растений, из теплых морей в холодные, где ими питаются рыбы. Мелкие береговые течения перемещают вдоль берега тонкий материал, песчинки и ил, выносимый реками и создаваемый прибоем.

Образование осадочных пород. Что же делается с тем мате-

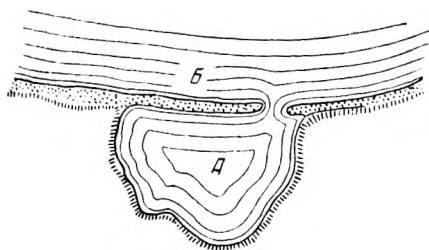


Рис. 38. Образование лагун.
А — залив; Б — пересыпь, превращающая залив в лагуну.

риалом, который реки выносят в озера, моря и океаны и который образуется волнами прибоя у берегов?

В спокойной воде морей и озер муть речной воды постепенно осаждается, крупные частицы — раньше, ближе к устью реки или к берегу, мелкие и легкие — позже, дальше от берега. Самые мелкие частицы в больших озерах выпадают только в центральной части, а в морях уносятся течениями на десятки и сотни километров от берега. Везде они садятся на дно частица за частицей, день за днем, целые годы, столетия, тысячелетия.

Так на дне озер и морей слой за слоем нарастает этот осадок; ближе к берегам более крупные частицы, песчинки, образуют слой песка, вдали мелкие частицы образуют слои разных глин: песчаных — ближе к области осаждения песчинок, где вместе с частицами глины садятся и самые мелкие песчинки, чистых — подальше. К песку и глине часто примешиваются и частицы извести, мельчайшие блески слюды. Материал, осевший недавно, является еще полужидким, он весь пропитан водой. В этом вы можете убедиться при купанье — ноги погружаются более или менее глубоко в дно.

Но со временем перекрываемые все новыми и новыми отложениями слои крепнут, вода из них выжимается, частицы плотно прилегают одна к другой, и если вынуть кусочек осадка с глубины в несколько метров от поверхности дна водоема, то мы получим не полужидкий, расплывающийся в руке песок или ил, а более плотную, хотя еще мягкую породу. Со временем, на большой глубине, этот осадок делается еще тверже. Под давлением вышележащих слоев и при помощи проникающей вглубь воды, содержащей в растворе разные соединения (извести, кремнезема, железа), отдельные частицы породы связываются одна с другой отложением этих веществ и цементируются. Так мы получаем уже более или менее твердые породы — п е с ч а н и к и ч и с т ы е, глинистые или известковистые, образовавшиеся из песка, с л а н ц е в а т ы е г л и н ы и г л и н и с т ы е с л а н ц ы, образовавшиеся из глины; если с глиной отлагалась и известковая муть, получим р у х л я к или м е р г е л ь, а если известковая муть преобладала, получим глинистый известняк.

Но дно морей и озер не является безжизненным: на нем растут различные водоросли, губки, морские лилии, в теплых морях — кораллы; на нем живут различные моллюски, часто образующие целые колонии, занимая более или менее крупные площади; на нем ползают черви, морские звезды, морские ежи. Остатки этих растений, панцири, раковины, твердые оболочки животных погребаются в осадках порознь или целыми слоями и вносят некоторое разнообразие в состав образующихся пород. Кораллы в теплых морях растут огромными колониями, образуя так называемые рифы. Прибой волн размывает отмер-



Рис. 39. Морская лилия *Acanthocrinus rex*. Редный полный экземпляр. Найден в девонском сланце гор Гунсрюк.

шие части рифа, превращает вещество полипняков в известковый песок, отлагающийся на дне. И вот в песчанике, в глинистом сланце, в мергеле и известняке, образовавшихся из осадка, мы находим отдельные кораллы, раковины, морских звезд и ежей или целые прослои остатков этих животных (рис. 39).

Некоторые водоросли извлекают из морской воды известь, которая отлагается в их стеблях. Из остатков таких водорослей образуются целые слои своеобразного известняка. В морях живут также мельчайшие свободно плавающие растения, называемые диатомеями, оболочка которых состоит из кремнезема, извлекаемого из воды. Живут в морях также мельчайшие животные — радиоларии, скелеты которых состоят из кремнезема, и фораминиферы, раковины которых состоят из извести. Эти растения и животные обитают в морях в огромном количестве, образуя вместе с разными инфузориями, медузами, прозрачными моллюсками и ракообразными, а также личинками различных морских животных так называемый планктон — со-

общества существ, плавающих в воде и служащих пищей многих рыб и других морских животных. Скелеты и оболочки этих мельчайших существ, падая после их смерти на дно морей, при-
мешиваются к неорганическому материалу, а в более глубоких

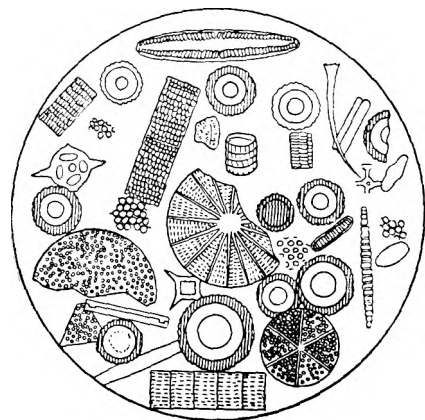


Рис. 40. Мельчайшая фауна и флора из осадочных пород под микроскопом.

областях моря, куда этот материал не попадает ввиду их отдаленности от берегов, эти скелеты и оболочки образуют отложения своеобразного ила — существовавшего кремнеземистого (диатомевого и радиоляриевого) или известкового (фораминиферового), который со временем также превращается в твердые породы, так называемые трепел (диатомит, инфузорная земля), кремнистый сланец и белый мел. Последний, особенно

хорошо знакомый молодым читателям, весь состоит из оболочек фораминифер с примесью некоторого количества скелетов радиолярий и диатомей, как показывает микроскоп (рис. 40).

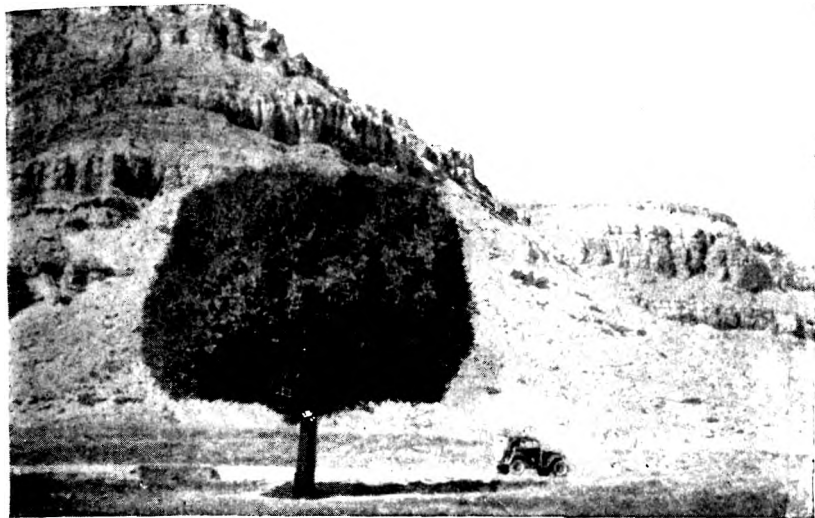
Все перечисленные породы, образовавшиеся из неорганического и органического материала на дне озер и морей, называются осадочными, потому что они осаждались в воде. Песчаники, пески, галечники и образовавшиеся из последних конгломераты (состоящие из галек и валунов, расположенных в большем или меньшем количестве среди песчаного, известкового или глинистого, т. е. более мелкого, материала, называемого цементом, так как он связывает более грубые части одну с другой), а также различные илы и глины и образовавшиеся из них сланцы называют также обломочными породами, потому что они состоят из обломков, получившихся при размыве ранее существовавших пород текучей или стоячей водой.

К осадочным породам принадлежат также слои гипса — сернокислого кальция и каменной соли — хлористого натрия, а также других солей, которые осаждаются из рассолов на дне морских заливов и лагун и в соляных озерах, если эти рассолы содержат столько солей, что при испарении воды часть их должна выделиться. Эти соли обыкновенно перемежаются отдельными слоями друг с другом и со слоями песка, глины, ила.



**Форма выветривания песчаников и глин в «Золовом городе» — Джунгария,
Синьцзян, КНР.**

(Рис. худ. Е. К. Гуровой по цветной фотографии В. А. Обручева, снятой в 1903 г.)



**Рис. 41. Обнажение пластов третичных известняков
в северо-восточной Фергане.**

(Фото Д. И. Щербакова)

Пласты и напластование. Осаждение материала в воде не идет непрерывно, и, кроме того, меняется качество или крупность материала. Во время половодья, когда течение более быстрое, реки выносят в моря и озера более грубый материал — песок, гравий, а горные реки даже гальку и валуны. В малую воду принос материала или совсем прекращается, или приносятся только мелкий. Вот почему материал осадочных пород всегда откладывается на дне бассейна отдельными слоями, то более толстыми, то более тонкими, которые отличаются один от другого по качеству или по цвету. Каждый слой представляет собой результат непрерывного отложения одного и того же материала в течение известного промежутка времени и отделен от слоев выше- и нижележащего ровной поверхностью, которая соответствует перерыву в образовании осадков и называется плоскостью наложения или напластования.

В обрыве, сложенном из осадочных пород, эти слои отчетливо видны (рис. 41). Мы видим наложенные друг на друга слои, словно листы толстого картона или доски. Иногда весь сбыв состоит из тонких слоев, иногда — из толстых, иногда — из тех и других. Толстые слои называют также пластами. Кратчайшее расстояние между плоскостями наложения,

ограничивающими слой или пласт сверху и снизу, называется его *мощностью* (*М* на рис. 42).

У одних слоев или пластов мощность остается одинаковой на большом протяжении, тогда как у других она более или менее часто изменяется, становится то больше, то меньше; пласт

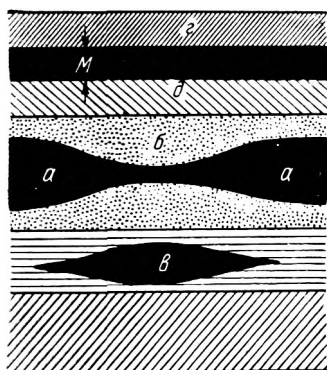


Рис. 42. Разрез толщи осадочных пород.

а — раздувы и *б* — пережимы пласта; *г* — чечевица; *д* — кровля пласта; *д* — почва пласта; *М* — мощность пласта.

образует раздувы (*а* на рис. 42) и пережимы (*б* на рис. 42). Иной пласт в обе стороны быстро становится все тоньше и, наконец, совсем исчезает; плоскости наложения, ограничивавшие его сверху и снизу, сливаются. Такой пласт называют линзой или чечевицей, а его исчезновение называют выклиниванием (*в* на рис. 42). Тот пласт, который лежит непосредственно выше пласта, интересующего нас, например состоящего из угля или гипса, называется его кровлей, а лежащий под ним — почвой (*г*, *д* на рис. 42). Место обрыва или склона долины или берега, на котором какие-нибудь горные

породы проглядывают на большем или меньшем протяжении из-под рыхлой почвы, называется обнажением или выходом (рис. 43 и 44). Береговые утесы, скалы, часто и крутые склоны гор представляют собой более или менее сплошные обнажения.

Окаменелости. Как мы уже знаем, в слоях осадочных пород нередко можно заметить остатки животных или растений, принимавших участие в образовании этих пород или попавших случайно в песок или ил, отлагавшийся на дне бассейна. Эти остатки представляют собой твердые части организмов — раковины моллюсков, панцири ракообразных и черепах, кости позвоночных, стволы и сучья деревьев. Кроме того, попадаются также и отпечатки мягких частей на горной породе — листьев, стеблей, крыльев насекомых, тела медуз. Эти остатки называются окаменелостями и имеют большое значение для определения возраста горных пород данного обнажения и выяснения условий их образования — в море, озере или на суше. Об этом мы подробно расскажем в гл. X, а здесь только напомним, что в обнажениях осадочных горных пород часто можно найти эти окаменелости (см. рис. 39 и 40).



Рис. 43. Несогласное налегание верхнеюрских известняков
на среднеюрские сланцы. Река Урух.
(Фото Д. И. Щербакова)



**Рис. 44. Обнажение третичных песчаников и глинистых сланцев
возле Боржоми. Кавказ.**
(Фото В. А. Обручева, 1912)

Эстуарии, лагуны, лиманы. В первой главе мы уже читали, что реки и речки, впадая в моря или озера, образуют из приносимого ими материала дельту. Но надводная дельта может быть создана только в том случае, если материк не опускается или не опустился сравнительно недавно, в противном случае дельта остается невидимой, подводной. В таких местах, где материк недавно опустился, устье реки часто имеет вид узкой воронки, которая называется эстуарием. Взгляните на карту Союза, и вы увидите такие устья у рек Оби, Таза и Енисея в Западной Сибири.

Такие же устья как будто имеют реки и речки, впадающие с севера в Черное море, — Днепр, Днестр, Буг и несколько мелких. Но это уже не эстуарии, а лиманы, которые отличаются от эстуариев тем, что отделены от моря пересыпью, потому что после опускания суши, обусловившего образование воронкообразного устья рек, уже произошло поднятие, но реки еще не успели построить дельту, и только работа прибоя создала пересыпь у выхода мелкого залива, в который превратилась воронка эстуария.

Лагуны, уже упомянутые выше, представляют собой мелкие и крупные морские заливы, отделенные от моря пересыпью, называемой также стрелкой. Пересыпь может быть или сплошная, совершенно отделившая прежний залив, или иметь еще прорыв, через который вода лагуны сообщается с морем. Подобную громадную лагуну представляет Кара-Богаз-Гол на восточном берегу Каспийского моря. Через прорыв пересыпи соленая вода моря постепенно пополняет убыль воды в Кара-Богаз-Голе, обусловленную сильным испарением. Кара-Богаз-Гол — это большая жаровня, в которой испаряется каспийская вода и получается сгущенный рассол, осаждающий соль. Сиваш, или Гнилое море, на берегу Крыма представляет собой целую сеть лагун Азовского моря, в которых сгущается рассол и осаждается соль. Но имеются также лагуны, в которых соль не садится и из которых вода стекает в море; это те лагуны, в которые впадает какая-нибудь достаточно большая река. Такие

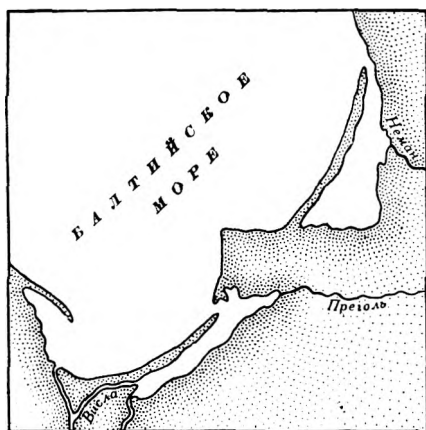


Рис. 45. Лагуны — Вислинский и Курский заливы на берегу Балтийского моря между Клайпедой и Гданьском.



Рис. 46. Завальная плотина, образовавшая озеро Сары-Чилен
в Центральном Тянь-Шане.
(Фото Д. И. Щербакова)



Рис. 47. Озеро Четырех Кантонов, Швейцария. Его котловина
выточена ледником.



Рис. 48. Зарастающая опресненная лагуна на севере Германии.
Впереди белые, дальше желтые водяные лилии, за ними заросли тростника.

лагуны мы видим на южном берегу Балтийского моря между Гданьском и Клайпедой — Вислинский и Курский заливы; в первый впадают рукав Вислы и река Преголь, во второй — река Неман (рис. 45).

Лиманы также могут превратиться в соляные озера и осаждают соль; таковы лиманы Тилигульский, Хаджибейский, Куяльницкий близ Одессы в устьях небольших речек, пересыхающих летом. В них осаждается также соленая грязь, применяемая для лечения разных болезней.

Озера. Кроме лиманов и лагун, представляющих озера, тесно связанные с морем, на Земле имеется еще много озер весьма разнообразной величины и различного происхождения. По типу различают озера плотинные и озера котловинные.

Первые образовались потому, что какую-нибудь дощину перегородила плотина из того или иного материала и создала подпор воды. Лиманы и лагуны относятся к этому типу, так как их пересыпь является плотиной, обусловившей их отделение от моря. Плотины может создать также большой обвал или

оползень, ледниковая морена, поток лавы. Речные старицы также представляют плотинные озера, созданные работой реки. Плотинные озера имеют обычно небольшую величину (рис. 46), хотя есть и исключения.

Котловинные озера заполняют впадину земной поверхности, созданную теми или другими силами. Такие впадины, обычно небольшие, вытачивает ледник или высверливает вода в долине. Они образуются также из-за провала или оседания поверхностных слоев в пустоту, созданную растворением горных пород (соли, гипса) в результате деятельности подземных вод (см. гл. III). Эти провальные озера также небольшие, их много у нас в Кировской области и в верховьях реки Волги. Замкнутую впадину представляют кратеры потухших вулканов, часто заполняемые озером. Наиболее крупные озера котловинного типа обусловлены опусканием значительных участков земной коры при процессах горообразования; таковы Иссык-Куль в Казахстане, Байкал в Сибири, Хубсугул-Далай (Косогол) в Монголии, Танганьика и целый ряд других озер в Африке, Мертвое море в Палестине.

Из озер СССР одни представляют современные лагуны и лиманы, другие, как Эльтон, Баскунчак, — древние лагуны; имеются озера провальные, моренные (на Алтае, в Тянь-Шане, Саянах), ледниковые (Телецкое на Алтае), старицы, вулканические (на Камчатке).

Изучением озер во всех отношениях занимается отдельная наука — лимнология, или озероведение.

III

КАК РАБОТАЕТ ВОДА ПОД ЗЕМЛЕЙ

Грунтовая вода. Источники. Колодцы простые и артезианские. Кяризы. Минеральные источники. Вода — растворитель. Воронки. Карры. Карстовый ландшафт. Исчезновение и появление рек. Образование пещер. Пещерные жители. Пещеры-ледники. Отложения подземных вод. Обвалы и оползни.

Не вся вода, выпадающая на поверхность земли в виде дождя или снега, производит видимую работу размыва и отложения. Когда идет мелкий и непродолжительный дождь, мы нигде не увидим ни луж, ни ручейков в ложбинах, разве в городе, где асфальт тротуаров и мостовая улиц не позволяют воде впитываться в почву. Но и во время сильного дождя не вся вода стекает по поверхности; известная часть ее впитывается в почву, и тем больше, чем почва рыхлее и чем меньше ее уклон, поощряющий сток. На вспаханной пашне впитывается гораздо больше воды, чем на утоптанной дороге, на песчаной почве гораздо больше, чем на глинистой. Песок все время впитывает воду, глина быстро намокает и перестает впитывать ее, она делается водонепроницаемой.

Вода, впитавшаяся в почву, называется подземной водой или грунтовой. В водопроницаемой



почве она, постепенно просачиваясь между частицами грунта, уходит глубже, пока не встретит слой глинистой породы или сплошного, не трещиноватого камня, на поверхности которых вода останавливается и накапливается. Порода, насыщенная водой, называется водоносным горизонтом. Этот горизонт залегает на различной глубине от поверхности — от полуметра где-нибудь в долине до десятков и даже сотен метров.

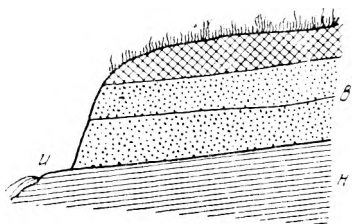


Рис. 49. Пластовый источник.

с — водопроницаемые пласты; н — водонепроницаемые пласты; и — источник.

В болоте, где водонепроницаемая глина лежит очень близко, вода стоит везде в ямках между кочками; здесь водоносный горизонт находится у самой поверхности земли.

Вода впитывается в почву не только с поверхности в виде дождя или тающего снега. Часть текучей воды из ручья или реки также уходит в грунт

дна русла и его берегов и даже поднимается в стороны от русла, немного выше уровня в реке, из-за капиллярности, обусловленной натяжением поверхностного слоя воды, смачивающей частицы почвы.

Явление капиллярности легко наблюдать. Возьмите кусочек сахара или кусок фильтровальной бумаги и окуните концы их в воду; вы увидите, что очень скоро намокнет весь сахар, а бумага — до известной высоты. Вода, смачивая частицы сахара и бумаги, поднимается по тончайшим промежуткам между ними вверх. Поэтому на дне речных долин, в стороне от реки, мы можем встретить грунтовую воду на более высоком уровне, чем уровень воды в реке.

Источники и колодцы. Если водонепроницаемый слой, на котором образовался водоносный горизонт, имеет уклон в какую-либо сторону, то грунтовая вода будет медленно перемещаться в эту сторону. Представим себе, что этот слой на склоне оврага выходит на поверхность (рис. 49). Ясно, что и вода, движущаяся по этому слою, должна выйти опять на поверхность. Такой выход воды из-под земли называется ключом или источником, который будет скудным или обильным в зависимости от площади водоносного горизонта и его богатства водой.

Но грунтовую воду мы можем получить и на равнине, если прокопаем те слои почвы, через которые вода просачивается, и дойдем до водоносного горизонта. Это и делается посредством колодцев, которые выкапываются до водоносного горизонта. Водонепроницаемый слой под этим горизонтом должен быть

сохранен; если его пробить, вода уйдет глубже, в проницаемые слои под непроницаемыми, и в колодце воды не будет. Стенки колодца закрепляют деревянным срубом или плетнем, чтобы рыхлая почва не обвалилась. Вода просачивается со всех

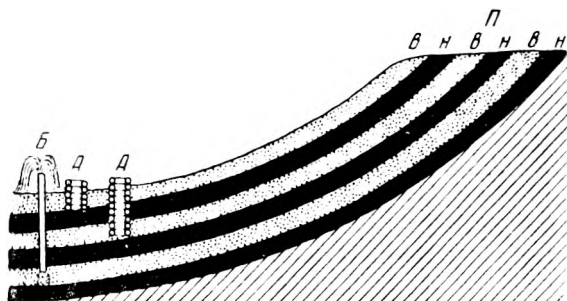


Рис. 50. Колодцы на разной глубине.

А — обыкновенные колодцы; Б — артезианский колодец с изливающейся водой; П — область его питания; в — водопроницаемые и н — водонепроницаемые пласты.

сторон из водоносного слоя и накапливается в колодце. Обилие воды в колодце зависит от толщины водоносного слоя и его насыщенности водой. Иной колодец можно вычерпать очень быстро и потом нужно ждать, пока в нем опять накопится вода; значит, такой колодец встретил бедный водоносный слой.

Водоносных горизонтов часто бывает не один, а несколько; под верхним водонепроницаемым слоем залегают еще водопроницаемые, по которым просачивается вода до следующего водонепроницаемого, и т. д. Поэтому, если верхний водоносный горизонт беден водой, можно копать колодец глубже, до следующего. Из более глубоких горизонтов воду лучше добывать не простым колодцем, а так называемым артезианским, представляющим буровую скважину, т. е. цилиндрическую дырку, высверленную в почве буровым инструментом и закрепленную чугунной трубой (рис. 50). В эту трубу спускают трубку ручного насоса, которым выкачивают воду.

В иных артезианских колодцах вода по трубе сама поднимается высоко вверх или даже выливается из трубы, бьет из нее фонтаном. Это происходит в том случае, если местность в общем представляет плоскую впадину и водоносный горизонт, до которого доведен колодец, выходит на земную поверхность где-нибудь на окружающих высотах и там в него просачивается дождевая и снеговая вода, которая по водопроницаемому слою уходит вглубь. Разница в высоте места питания водой и места расположения колодца создает тот напор, под которым

вода поднимается по трубе и при значительной разнице может выливаться из нее (рис. 50).

Оригинальный способ вывода подземной воды на поверхность для орошения полей представляют **к я р и з ы** в Азербайджане, Средней Азии, Китае и Иране. Климат там очень сухой и жаркий, дожди редки, снега почти не бывает. Вода рек

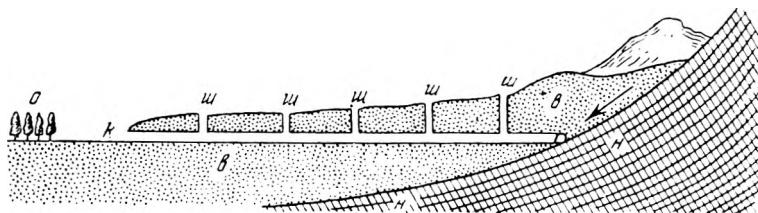


Рис. 51. Разрез кяриза.

н — водонепроницаемые толщи; в — водопроницаемые и водоносные;
ш — шахты; к — устье кяриза; о — оазис. Стрелка показывает просачивание
воды реки у выхода из гор.

и ручьев, вытекающих с гор, очень быстро исчезает, просачиваясь в большие толщи рыхлых галечников и песков, слагающих подножие гор. И вот, чтобы вывести воду, земледельцы проводят галерею **к** (рис. 51), которая начинается далеко внизу на подножии, где расположены пашни, и врезается постепенно все глубже в толщу наносов, сохраняя только небольшой уклон, необходимый для стока воды. Для удобства работы вдоль галереи расположены на некотором расстоянии друг от друга шахты **ш**, через которые выбрасывают землю, выкапываемую в галерее. Последняя, наконец, ближе к горам встречает водоносный горизонт **в**, питаемый водой, просачивающейся из реки. Эта вода будет стекать по дну галереи и выводиться из нее на пашни, сады и огороды. Кяризы требуют большой и опасной работы в рыхлых наносах и часто портятся из-за обвалов, так как закреплять свод и стены галерей очень дорого, и они остаются некрепленными.

Источники, дающие выход грунтовой воды на склонах, не все одинаковы. Источник, схематически изображенный на рис. 49, самый распространенный и называется **п л а с т о в ы м**. В других случаях водонепроницаемый слой залегает в виде плоской котловины и источник вытекает в самом низком месте слоя, выходящего на поверхность (рис. 52); такой источник называется **к о т л о в и н н ы м**. В твердых и плотных породах грунтовая вода пользуется уже главным образом рассекающими их трещинами для ухода вглубь. На склоне горы или долины водоносная трещина может выйти на поверхность, и из нее

будет вытекать вода в виде источника, называемого **трещинным** (рис. 53).

Вода колодцев и источников большей частью пресная, вернее, она содержит так мало растворенных солей, что мы не замечаем их на вкус. Совершенно пресной грунтовая вода быть



Рис. 52. Котловинный источник.

в — водопроницаемые пласты;
н — водонепроницаемые пласты;
и — источники на склонах долины.

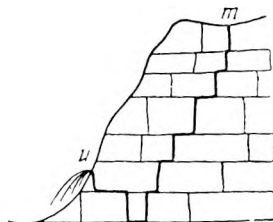


Рис. 53. Трещинный восходящий источник.

т — верхнее устье трещины;
и — выход воды.

не может, так как при своем медленном просачивании сквозь водопроницаемые слои она должна понемногу растворять соли, содержащиеся в них в том или в другом количестве. Но в некоторых местностях вода колодцев, а также и источников имеет заметный горько-соленый вкус, иногда настолько сильный, что не только человек, но и менее взыскательные к воде животные, даже верблюды, отказываются пить ее. Такие колодцы и источники мы встречаем чаще всего в пустынях и полупустынях — в Сахаре, Аравии, Гоби, а у нас — в Прикаспийских степях, в Туркмении. В этих странах климат сухой, дожди выпадают редко, и поверхностные слои, по которым просачивается вода, обогащены солями, особенно в тех местах, где сравнительно недавно было море и оставило свои отложения, напитанные морскими солями.

Минеральные источники. Кроме этих, в сущности, только слабо соленых вод, приуроченных к странам с сухим климатом, во многих других известны источники, называемые **минеральными**, вода которых содержит большее или меньшее количество разных солей, а также газов. Присутствие последних легко заметить по пузырькам, которые выделяются из воды в источнике; они еще виднее в стакане, наполненном этой водой. Такая минеральная вода на взгляд или чистая, совершенно прозрачная, или же желтоватая, или мутная, даже молочно-белая. Качество и количество солей в минеральной воде очень различны. Почти всем известны минеральные воды нарзан и боржом, которые пьют в качестве столовой воды; в них солей немного,

а газ, именно углекислота, делает их на вкус еще более приятными, освежающими. Другую же минеральную воду, как баталинская, вы не станете пить, потому что она горько-соленая или пахнет тухлыми яйцами, так как содержит вонючий газ



Рис. 54. Восходящие трещинные минеральные источники (м) и осадочные породы (б) на склонах горы Железной (а).

сероводород, или имеет ржавый вкус и содержит железо. Подобные минеральные воды пьют только для лечения определенных болезней по указанию врача. В зависимости от содержания тех или других солей и газов минеральные источники делятся на углекисло-щелочные, железистые, сернистые, щелочно-земельные, соляные и др.

Минеральную воду употребляют или только для питья, или для питья и ванн — нарзан, боржом, или главным образом для ванн — сернистая вода Пятигорска, Мацесты, Цхалтубо, соляная вода Старой Руссы, Славянска, Усолья. Из соляных источников вываривают также поваренную соль.

Температура источников обыкновенно невысокая и соответствует средней годовой температуре данной местности, так как вода, просачиваясь медленно по водопроницаемым слоям, близким к земной поверхности, получает температуру этих слоев, соответствующую средней годовой. В Сибири, где средняя годовая температура многих местностей ниже нуля, температура источников хотя и очень низкая, но все-таки выше нуля на 1—2°, иначе они не могли бы вытекать из земли. Минеральные же источники имеют более высокую температуру и являются теплыми, горячими и очень горячими. Например, нарзан и боржом, пятигорские серные источники, соляные Старой Руссы и другие — теплые; на Камчатке много источников с горячей, почти кипящей водой.

Высокая температура таких источников показывает, что вода их поднимается из большой глубины, из тех слоев земной коры, которые согреты внутренним жаром. Эти источники большей частью принадлежат к категории трещинных и вместе с тем являются *восходящими* (рис. 54), так как поднимаются из глубин, тогда как холодные пресные источники большей частью являются *нисходящими*, так как содержат воду, просочившуюся с земной поверхности вглубь и протекаю-

щую вниз по уклону водоносных слоев до своего выхода. Воду минеральных источников, в особенности теплых и горячих, считают также ювенильной, т. е. юной, происходящей из земных недр и впервые выходящей на поверхность; эта вода выделяется из остывающих расплавленных масс глубин и потому является минерализованной. В противоположность этой молодой по происхождению воде воду пресных холодных источников называют вадозной, так как она уже многократно участвовала в круговороте поверхностной воды, испарялась, выпадала в виде дождя и снега, впитывалась в почву, стекала в ручьи, реки и моря и опять испарялась. Конечно, могут быть и исключения. Грунтовая вода может проникнуть по трещинам горных пород достаточно глубоко, до слоев еще несколько нагретых, сделаться теплой и по другим трещинам подняться опять на поверхность на более низком уровне, сохраняя тепло и даже получив на своем длинном пути известную минерализацию. Таким образом, некоторые минеральные теплые источники могут быть вадозными, а не ювенильными. С другой стороны, теплая ювенильная вода, поднявшись по трещине, может смешаться с вадозной и понизить свою минерализацию, а также температуру и выйти в виде нисходящего холодного источника.

Вода — растворитель. Всем известно, что вода растворяет некоторые вещества; в стакане воды, даже холодной, легко растворить ложку сахара, поваренной соли, соды. В горячей воде те же вещества растворяются скорее. Соленость воды некоторых источников и колодцев и все минеральные источники уже доказали нам, что и в природе вода, просачиваясь по горным породам, растворяет кое-что на своем пути. Но большинство горных пород совсем не растворимо даже в горячей воде, которая может извлечь из них только отдельные ничтожные частицы. Зато другие породы, как каменная соль, гипс, известняк, более или менее растворимы, и просачивающаяся по ним вода мало-помалу удаляет из них частицу за частицей, расширяет трещины, по которым течет, создает пустоты разной величины. На известняк как породу и на известь, входящую в состав других пород, сильнее действует вода, содержащая углекислый газ, который она поглощает в небольшом количестве из воздуха. Каменную соль вода растворяет легко, гипс — гораздо труднее, но все же легче, чем известь. В растворимости известняка легко убедиться, поднявшись на горы, состоящие из этой породы, выше пределов растительности. Там мы кое-где найдем голые наклонные поверхности, по которым сбегает дождевая и снеговая вода, и увидим, что поверхность пласта известняка, когда-то ровная, сделалась неузнаваемой. Она вся изрезана извилистыми более или менее глубокими рытвинами, направленными по уклону и



Рис. 55. Карровое поле на известняках гор Зильберн, Швейцария.

отделенными друг от друга острыми гребнями. Иногда эти рытвины достигают полуметра или больше в глубину, а гребни их зазубрены. Все рытвины созданы водой, стекавшей струйками по поверхности пласта и постепенно растворявшей известняк. Эти причудливые формы разьедания — так называемые карры — образуют иногда целые поля, пройти по которым при сильном развитии рытвин и гребней очень трудно или просто невозможно (рис. 55).

Карры доказывают нам, что вода, протекая под землей по трещинам известняков, а тем более гипса или каменной соли, может разъедать породы и создавать пустоты. Если пустота вначительная и образовалась недалеко от земной поверхности,

лежащие над ней слои под действием силы тяжести могут осесть, и на склоне горы или на дне долины образуется более или менее глубокая и широкая воронка (рис. 56 и 57), показывающая, что под землей поработала вода. Если воронок много, то такая местность является очень ненадежной для тяжелых построек и проведения железной дороги, так как новые воронки легко могут образоваться со временем под стенами здания или полотном дороги и вызвать катастрофу.

Такие воронки особенно часты в местности, почву которой слагают гипсоносные породы. Например, спуск железной дороги с Уфимского плато к городу Уфе по косогору берега реки Белой проложен по гипсоносным слоям и требует тщательного надзора и частого ремонта. Инженеры-строители проложили этот спуск вопреки указанию геологов, предупреждавших, что косогор этот очень ненадежен из-за гипсов.

В местности с влажным климатом провалы почвы, обусловленные образованием подземных пустот, заполняются водой и образуют небольшие озерки, принадлежащие к типу провальных (рис. 58), или болота. В подземные пустоты иногда скрываются и речки, оставляя свое русло сухим; иногда из правильной воронки появляется восходящий источник, питаемый исчезнувшей речкой.

Карст. В местностях с более сухим климатом, преимущественно в горах, состоящих главным образом из известняков, развивается так называемый карст, обусловленный подземной работой воды. Его характеризуют воронки, провалы, слепые долины, исчезновение рек, подземные реки, частое отсутствие леса, скудость растительности на склонах. Все это обусловлено быстрым уходом дождевой воды из поверхностных слоев по трещинам вглубь, в подземные пустоты, что вызывает осушение почвы, питающей растительность, и рядом, как это ни странно, заболачивание слепых долин, образовавшихся на месте больших провалов, если поверхность известняков покрылась слоем глины, остающейся при растворении извести в глинистых известняках.

Карст у нас имеется в Крыму, а особенно развит он в Юго-славии, в горах Карст (откуда и произошло его название). В более влажном климате — на Уфимском плоскогорье, на Двинско-Онежском водоразделе — при отсутствии гор карст выражен воронками, провальными озерами (опадн, опадки

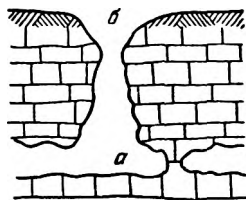


Рис. 56. Образование воронки в растворимых горных породах.

а — подземные пустоты;
б — воронка.



Рис. 57. Воронки в известняках на плато Яйлы около Ай-Петри.
(Фото Д. И. Щербанова)

поместному), превращающимися в болота, исчезновением рек в «жерлах» и «пучинах» и появлением их ниже по течению прямо из русла или отверстий в скалах. В Ивановской области, где известняки в ряде районов залегают близ земной поверхности, очень распространены провальные озера, заполняющие воронки карста и достигающие глубины от 20 до 65 метров. Провалы происходят периодически и в наше время; проваливаются даже избы. 18 мая 1937 года в деревне Глубоковой, Савинского района, образовалась внезапно воронка до 100 метров в диаметре и 20 метров глубины, заполнившаяся водой.

Образование пещер. Пещеры в большинстве случаев являются результатом растворения горных пород подземной водой. Районы карста особенно богаты пещерами, но последние встречаются нередко и независимо от карста в известняках и гипсоносных породах и гораздо реже в других малорастворимых породах. Форма пещер часто доказывает, что они созданы растворяющей работой подземной воды. Пещеры редко представляют собой отдельную пустоту в горе, а большей частью — ряд пустот, имеющих форму залов или гrotтов различной величины со сводообразным потолком, соединенных друг с другом тесными



Рис. 58. Провальное озеро в карсте верховий рени Юс-Кара-Таш, Кузнецкий Алатау.

(Фото А. Н. Чуракова)

или низкими проходами или широкими галереями. Эта система ходов и залов расположена или почти на одном уровне, или с уклоном в какую-либо сторону, или уступами на разных уровнях и представляет систему трещин, по которым протекала подземная вода, расширявшая их больше или меньше в зависимости от растворимости пород. В некоторых пещерах и теперь еще текут подземные речки или ручьи, в других сохранились озерки-бассейны разных размеров со стоячей водой на дне отдельных гротов (рис. 59).

Пещеры начинаются отверстием, иногда узким, иногда широким, расположенным на склоне горы или долины на различной высоте над ее дном, нередко в отвесной скале, иногда же на уровне моря (у прибрежных пещер). Через это отверстие турист попадает или сразу в первый и иногда единственный зал, или же должен идти по узкому и извилистому проходу, иногда вверх или вниз, до первого расширения. Некоторые пещеры имеют и дополнительные выходы на поверхность, иногда в виде вертикальных труб из свода залов. Размеры пещер очень различны — от одного зала, близкого к поверхности, до целого лабиринта залов и переходов. Так, знаменитая Мамонтова пещера в штате Кентукки (США) состоит из 200

галерей, длиной не менее 250 километров, образующих лабиринт, в котором от входа до конца прямая линия достигает 16 километров; главный зал имеет в высоту 30 метров. У нас Кунгурская пещера, всего лучше исследованная, достигает в длину 2,5 километра. Пещеры у нас находятся в Крыму, на Кавказе, Урале, Алтае, в Забайкалье, Восточном Саяне, но большая часть их не изучена.

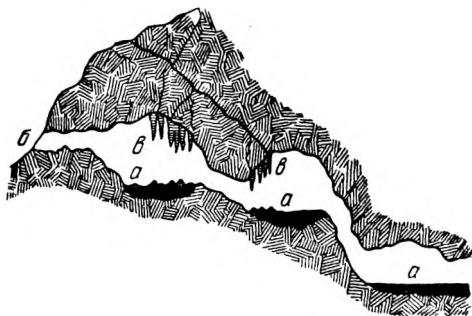


Рис. 59. Продольный разрез пещеры.

а — отложения на дне пещеры; б — вход; в — залы со сталактитами и сталагмитами.

Пол пещер обычно более или менее густо усеян обломками породы, упавшими со свода, и покрыт пылью. Эти обломки лежат или непосредственно на сплошной каменной породе, или же на толще наноса, отложенного в пещере протекавшей по ней водой или нанесенного ветром в виде пыли. В этом наносе часто схоронены кости и другие остатки обитателей пещеры — животных и человека. Среди костей находят кости хищников, постоянных обитателей пещер, как то: медведя, льва, тигра, гиены, волка, шакала, лисицы, затем животных, служивших пищей хищникам, — различных травоядных, грызунов, птиц. Из других обитателей пещер назовем летучих мышей и некоторых птиц — сов, филинов, голубей, кости которых, впрочем, встречаются только в пещерах, близких к поверхности. Первобытный человек, живший в пещерах, оставил в них кости — свои и животных, которых он съедал, угли и золу своих огнищ, остатки изделий, каменных, костяных и других орудий, а на стенах — рисунки и надписи (см. рис. 267). Ввиду наличия этих остатков многие пещеры представляют большой научный интерес для выяснения фауны минувших времен и истории первобытных людей. Но поиски этих остатков нужно производить посредством раскопок по строгой системе и под научным руководством. Бессистемными раскопками можно только погубить ценный материал. Много пещерных отложений испорчено

неумелыми любителями и искателями кладов. Поэтому бессистемных раскопок производить не следует. В СССР раскопки могут производить только специалисты-археологи по особым разрешениям — открытым листам.

Кроме рыхлых отложений, на дне многих пещер мы находим твердые образования в виде капельников. Они состоят из извести и отлагаются водой, капающей со сводов. Эта вода содержит в растворе известь, часть которой выделяется, пока капля висит на своде, а остальная — после падения капли на пол. Так мало-помалу сверху нарастает длинная сосулька, называемая *сталакти* т о м, а на полу образуется более широкая и плоская — *сталаг* м и т. Если вода капает в разных местах свода, — образуются целые системы сталактитов и сталагмитов; соединившись друг с другом при нарастании, сталактит и сталагмит образуют колонну. Эти капельники на своде и на полу пещер, смотря по своему развитию и сочетанию, создают очень красивые эффекты при искусственном освещении, но мало интересны в научном отношении (рис. 60).

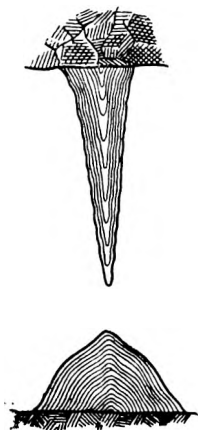


Рис. 60. Разрез сталактита и сталагмита.

Еще красивее световые эффекты в *пещерах-ледниках*, которые отличаются тем, что сталактиты и сталагмиты в них состоят из льда, образующегося из-за низкой температуры этих пещер не только зимой, но и летом из капающей со свода воды. Кроме того, на стенах и сводах, где вода не капает, влажный воздух, проникающий в пещеру, осаждаёт влагу в виде инея, состоящего из крупных красивых ледяных кристаллов, отражающих огонь свечей или факелов миллионами блесков.

Пещеры-ледники известны у нас как в Крыму на Чатыр-Даге, в Чкаловской области (Илецкие и Индерские), так и на Урале — Кунгурская близ города Кунгура, расположенная в легко доступном месте. Она состоит из ряда залов, получивших различные названия, соединенных проходами и в общем образующих лабиринт. Ближайшая к выходу часть пещеры является холодной ледяной с инеем (рис. 61) и капельниками, а более отдаленная, в которую холодный воздух не проникает, имеет всегда температуру выше нуля и несколько незамерзающих озерков (самое крупное площадью в 750 кв. метров и глубиной до 6 метров). Из некоторых залов вертикальные трубы ведут на поверхность; они и обусловили охлаждение части пещеры ниже нуля, так как создали усиленную тягу холодного воздуха зимой через пещеру. Летом холодный воздух выходит

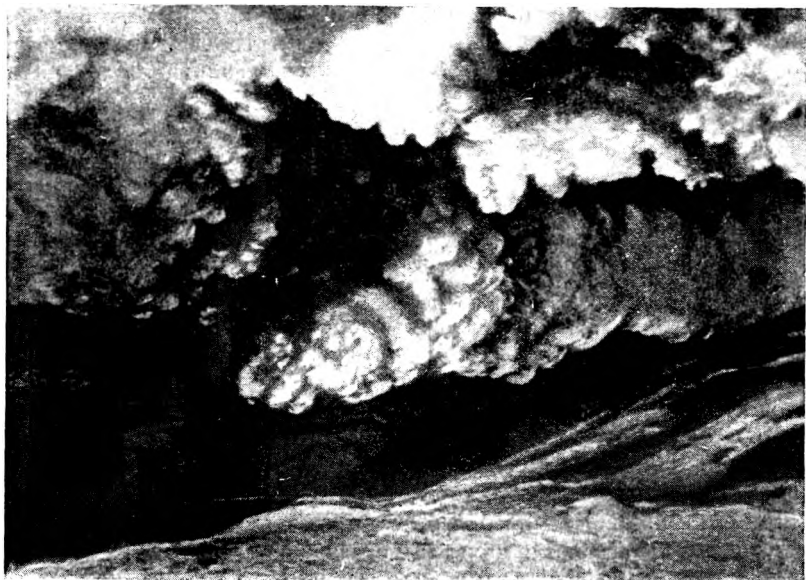


Рис. 61. «Бриллиантовый грот» с наросшими на своде кристаллами снега в Кунгурской ледяной пещере на Урале.

из пещеры, но не по трубам, а через входное отверстие и гораздо медленнее, так что за лето пещера не успевает согреться. Эта пещера создана прежним подземным течением реки Силвы в гипсах и известняках (рис. 62).

Пещеры-ледники имеются и в разных странах Европы. Особенно замечательная пещера Добшау в Венгрии, в которой 7171 кв. метр покрыт льдом; объем последнего составляет 120 000 куб. метров; некоторые ледяные стены достигают 15 метров высоты.

Отложения подземных вод. Кроме сталактитов и сталагмитов пещер, подземные воды, просачиваясь или протекая по трещинам горных пород, создают и другие минеральные отложения, заполняющие эти трещины в виде прожилков и жил. Эти отложения состоят из извести в виде известкового шпата (минерала кальцита), из кремнезема в виде кварца и его разновидностей — горного хрусталя, халцедона, опала, агата, реже из барита (сернокислого бария), флюорита (фтористого кальция), марганцового шпата и др. В жилах могут быть вкраплены те или другие руды золота, серебра, меди, железа, свинца, цинка и пр. При достаточном содержании одного

или нескольких из этих металлов получают рудные жилы, которые человек и разрабатывает.

Анализом воды минеральных источников можно доказать, что все перечисленные минералы и металлы содержатся в растворе в подземных водах в том или в другом количестве. Сами минеральные источники при выходе на поверхность образуют отложения, состоящие или из извести в виде известкового туфа или травертина, или из кремнезема в виде кремнистого туфа или гейзерита, или из окислов железа в виде лимонита. В туфах анализ обнаруживает и другие минералы в небольших количествах. В водопроводных трубах вода, которую мы считаем пресной, отлагает иногда известковый туф, который постепенно забивает всю трубу. В трубах, посредством которых минеральную воду выводят на поверхность из глубины, чтобы предупредить ее смешение с грунтовой водой и загрязнение («каптаж» минерального источника), вода также отлагает разные минералы, что создает необходимость периодической смены труб.

Известковый и кремнистый туфы образуют иногда очень мощные отложения в виде ступеней с бассейнами в несколько ярусов на склоне горы или долины или на ровном месте вокруг выхода источника (рис. 63). Вода сбегает струйками по ступеням из одного бассейна в другой и в каждом оставляет немного осадка из своих растворенных веществ. Кремнистый туф отлагается горячими источниками, особенно гейзерами, с которыми мы познакомимся далее; известковый туф отлагают холодные и некоторые горячие источники, например Карловы Вары в Чехословакии. В воду последних можно погрузить цветок, лист, палочку и через несколько часов вынуть их покрытыми слоем туфа.

Обвалы и оползни. Грунтовая вода, выходя на поверхность на каком-либо крутом обрыве или косогоре, часто вызывает обвалы и оползни, отличающиеся друг от друга тем,

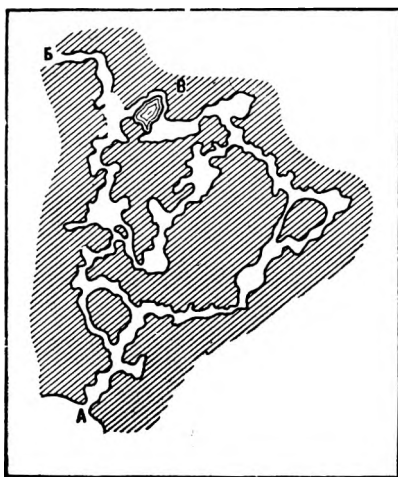


Рис. 62. План части Кунгурской ледяной пещеры до дальнего Озерного грота (Б).

А — вход; в пещеру; В — грот большого озера



Рис. 63. «Белая терраса» — отложения кремнистого туфа горячих источников, Новая Зеландия.



Рис. 64. Обвал гранита в Хамар-Дабане, на южном берегу озера Байнал.
 Фото В. А. Обручева, 1895).

что первые представляют собой быстрое, а вторые — медленное смещение крупных масс горной породы. При обвалах масса, отделившаяся от обрыва или склона, падает или катится вниз, распадаясь при этом на более или менее крупные части и отдельные глыбы и щебень, образуя у подножия, а частью и на

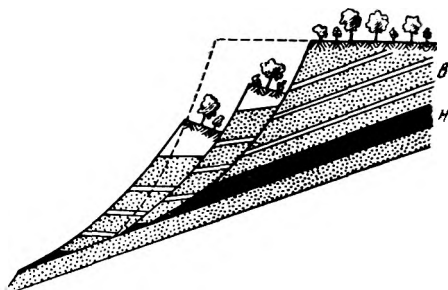


Рис. 65. Разрез оползня.

в — водопроницаемые пласты, н — водонепроницаемый пласт.

склоне нагромождение этих обломков. Обвалы нередко вызываются также подмывом утесов текучей водой реки, прибоем моря или озера, землетрясением, неосторожной работой человека и причиняют более или менее крупный вред в зависимости от места и объема упавшей массы (рис. 64).

Оползни образуются на склонах, сложенных из пластов, полого-наклонных к откосу, и при наличии водоносного (в) и водонепроницаемого (н) слоев; последний обычно состоит из глины, поверхность которой, смоченная водой, становится скользкой; вышележащая толща рано или поздно оторвется и поползет вниз (рис. 65). Ее движение может быть вызвано разными причинами: землетрясением, сильным дождем, увеличившим ее вес, подмывом склона рекой или морем и неосторожным срезаем его человеком. В массивных породах оползень, как и обвал, может произойти по трещине, наклонной к откосу или обрыву, которую вода постепенно расширяет. От оползней в СССР сильно страдают берега Волги, берега Черного моря около Одессы, Южный берег Крыма и Кавказское побережье от Туапсе до Сухуми, где они вызывают большие разрушения и требуют крупных расходов на укреплению. Примеры оползней и обвалов мы опишем ниже.



IV

РАЗРУШИТЕЛИ КАМНЕЙ

Как работают солнце и мороз, воздух и влага, растения и животные над разрушением каменных пород. Пропадающие утесы. Выветривание. Различные формы рельефа, созданные выветриванием. Осыпи и россыпи. Элювий и делювий. Образование растительной земли. Типы почв и их зависимость от климата. Плодородие почв.

Подойдем с вами к выступу какой-нибудь каменной породы на откосе оврага, на берегу реки, озера или моря, на склоне горы.

На первый взгляд — это скала, твердая порода. Но, рассмотрев ее внимательно, мы увидим, что вся она разбита трещинами, одна порода больше, другая меньше. То здесь, то там нетрудно даже пальцами отломить какой-нибудь кусок, а под ударом молотка целый выступ иной породы рассыпается на угловатый щебень или песок.

Мы можем заметить также какие-то пятна и полосы, как будто ржавчины, на камнях и целые колонии мелких и крупных лишайев. И наше представление о прочности каменных пород начинает колебаться. Твердая порода скалы как будто прогнила, и отделившиеся от нее обломки разной величины лежат кучками у подножия. Это изменение каменных пород, при-

водящие к их постепенному разрушению, называется *выветриванием*.

Какие же силы разрушают такие твердые каменные породы, как гранит, кварцит, мрамор и др., из которых человек строит большие сооружения, рассчитанные на долговечность? Что же, этот расчет оказывается необоснованным. До известной степени да. Эти сооружения долговечны только по сравнению с короткой жизнью человека; в действительности же и они постепенно разрушаются, потому что подвергаются влиянию тех же природных сил, как и естественные скалы.

Разрушители камней. Силы эти нам хорошо знакомы, мы встречаемся с ними ежедневно и совсем не считаем их такими могущественными, способными разрушать камни. Эти силы — жар и мороз, дождь и снег, вода и ветер, а также скромные растения и микроскопические животные. Как же работают эти силы?

В жаркие солнечные дни все утесы на припеке сильно нагреваются; вы убедитесь в этом, положив руку на утес в хороший летний день. Ночью всегда холоднее, и утес остывает. Эти переходы от жары к холоду и от холода к жаре особенно резки весной и осенью, когда днем солнце сильно греет, а ночью нередко бывает мороз.

При нагревании горная порода, как и другие тела, расширяется, увеличивается в объеме, а при охлаждении сжимается, уменьшается в объеме. Это расширение и сжатие очень невелики; но, сменяя друг друга не день или два, а целые сотни и тысячи лет, они в конце концов обнаружат свое действие: сцепление отдельных частиц (зерен) горной породы друг с другом постепенно ослабевает и тем больше, чем крупнее эти зерна, потому что крупное зерно расширяется и сжимается больше, чем мелкое. Имеет значение и цвет породы: черные и вообще темные породы нагреваются, а значит, расширяются больше, чем светлые, которые сильнее отражают солнечные лучи. Чтобы убедиться в этом, положите рядом на хороший летний припек черный и белый камни, дайте им нагреться и попробуйте, который из них будет горячее.

Такое же значение имеет и цвет отдельных зерен в породе. Поэтому в породе, состоящей из зерен разного цвета, например белого, красноватого и черного, как обыкновенный гранит, сцепление зерен будет ослабевать быстрее, чем в породе, состоящей из зерен одного цвета, например только черного. Наименее устойчивы поэтому к смене холода и жары породы, состоящие из крупных зерен разного цвета.

Ослабление сцепления между зернами приводит, наконец, к тому, что эти зерна отделяются друг от друга, порода теряет прочность — она рассыпается на свои составные части, превращаясь из твердого камня в рыхлый песок или дресву.

Работе жара и холода помогает вода. Во время дождя утесы намокают, одни породы — пористые, сильно трещиноватые — больше, другие — плотные — меньше; потом они опять высыхают. Попеременное намокание и высыхание тоже вредно для сцепления частиц. Еще сильнее действует вода, замерзающая в трещинах и мелких пустотах (порах) горных пород. Это происходит осенью, если после дождя ударит мороз, или весной после теплого дня, когда на припеке тает снег и вода проникает в глубь утесов, а ночью замерзает.

Вода, превращаясь в лед, расширяется. Всем, я думаю, известно, что если оставить на морозе закупоренную бутылку, доверху налитую водой, то лед или разорвет ее, или вышибет пробку, поднимаясь по горлышку. Это расширение замерзающей воды в трещинах и пустотах утесов увеличивает ширину трещин, расшатывает сцепление между зернами, так как вода просачивается в самые тонкие, незаметные глазу трещинки.

Кроме того, дождевая и снеговая вода, просачиваясь в горные породы, действует на них химически потому, что содержит газы, поглощенные из воздуха, именно кислород и углекислый газ. Кислород — деятельный газ, содержащийся в воздухе; он поддерживает горение топлива, вызывает окисление разных веществ, вступая с ними в соединение. Углекислый газ получается в воздухе от дыхания животных и растений, от горения топлива в жилищах, в кострах, в моторах автомобилей и самолетов, в топках паровозов. Поэтому кислород и углекислый газ всегда содержатся в воде, выпавшей из воздуха в виде дождя и снега на горные породы утесов и просачивающейся в трещины. Эта вода действует на породы сильнее, чем вода, лишенная этих газов; она растворяет частицы извести, разлагает зерна полевого шпата (минерала, имеющегося во многих породах), превращая его в глину; она разрушает блески черной слюды, зерна роговой обманки и магнитного железняка, окисляя содержащееся в них железо и превращая его в охру.

Растения также разрушают горные породы. Даже на самой гладкой скале селятся лишайники. Ветер заносит их мельчайшие споры в самые тонкие трещины или прилепляет их к мокрой от дождя поверхности, и они прорастают, плотно прикрепляясь к камню, сосут из него вместе с влагой соли, нужные им для жизни, и постепенно разъедают поверхность камня и расширяют трещины. К разъеденному камню легче пристают, а в расширенные трещины больше набиваются мелкие песчинки и пылинки, которые приносит ветер или смывает вода с вышележащего склона. Эти песчинки и пылинки мало-помалу накопляют почву для других, так называемых высших растений — различных трав и цветов. Их семена тоже приносятся ветром, попадают в трещины и в пыль, набившуюся между слоевищами



Рис. 66. Обрыв берега реки Куры с укрепившимися на нем деревьями, Боржоми. Кавказ.

Фото В. А. Обручева, 1912)

лишайника и прилипшую к разъеденному им утесу, и прорастают. Глядишь — из трещины уже торчит пучок травы, стебель цветка, поверх лишайника поросла травка. Корни этих растений длинные и цепкие; они уходят все глубже в трещины, разъедают поверхность утеса. Трещины расширяются, в них набивается еще больше пыли и перегной от отживших трав и их корней, — и вот подготовлено место для прозябания больших кустов и деревьев, семена которых тоже заносятся ветром, водой или насекомыми. У кустов и деревьев корни многолетние и толстые; проникая в трещины и утолщаясь с годами, по мере роста, они действуют, словно клинья, расширяя трещину все больше и больше.

В горах часто можно видеть, как из трещин в голом утесе, в отвесной стене, высовываются зеленеющие кусты и деревья, и диву даешься, как они туда забрались и как держатся (рис. 66). Можно видеть, как корни кустов и деревьев уходят в глубь трещин, уже настолько расширенных, что в них легко просунуть руку. Можно видеть, как толстые корни охватывают целую глыбу камня, которую они уже отделили и оторвали от утеса (рис. 67).

Все растения действуют на утесы вредно еще тем, что выделяют при дыхании углекислый газ, который, растворяясь в воде дождей и снегов, образует угольную кислоту и тем самым усиливает разъедающее влияние воды, как сказано выше. Кроме того, отмершие части растений — стебли, листья, корни — гниют и при этом образуют другие кислоты, которые также попадают в воду и разъедают зерна горных пород.

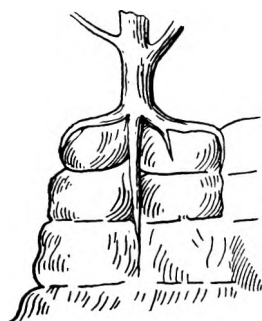


Рис. 67. Разрушение утеса корнями дерева.

Так, полегоньку да потихоньку, изо дня в день, из года в год, из века в век, работают эти незаметные силы над разрушением горных пород, над их выветриванием. Как они работают, мы не видим, но плоды их трудов замечаем везде: сплошной твердый утес, который первоначально был рассечен только тонкими трещинами, образовавшимися при охлаждении или усыхании горной породы или при образовании складок (как мы узнаем дальше), оказывается, благодаря выветриванию, более или менее сильно разрушенным; первые трещины расширены, появились новые в еще большем числе; от всех углов и краев отвалились мелкие и крупные куски и лежат тут же кучками у подножия утеса или скатились вниз по склону, образуя осыпи. Гладкая поверхность утеса стала шероховатой, пзъеденной; на ней местами видны лишай, местами выбоины и щели, местами черные или ржавые подтеки. Часто твердая порода так разрыхлена или так разбита незаметными для глаза трещинками, что от нее можно руками отрывать куски, а под ударами молотка она легко рассыпается на щебень или дресву.

Все эти силы — жар и мороз, роса и тающий снег, вода, просачивающаяся вглубь, и растения — работают, так сказать, не только для себя, но, кроме того, облегчают работу других сил природы — дождя и ветра. С гладкого, свежего утеса дождем ничего не может смыть, ветер ничего не может сдуть — порода слишком тверда для них, зерна ее слишком крепко скреплены друг с другом. Но с утеса, уже подвергшегося дей-

ствию выветривания, дождь смывает все отделившиеся зерна и уносит их прочь. Капли дождя сливаются в струйки и постепенно вымывают целые желоба в камне. Ветер точно так же может сдуть отделившиеся песчинки и пылинки, обломать подгнившие углы и унести их или сбросить вниз. Ветер на вершинах гор дует сильнее, чем в долинах или на равнинах, и чем выше поднимается скала, тем сильнее напирает на нее ветер; он работает и на самых острых вершинах и гребнях, где мороз и жар облегчают его работу, разрушая породы.

Если в высоких горах посидеть долго на одном месте, где-нибудь близ больших скал, отвесных стен или на остром гребне, то всегда можно услышать, как время от времени загремит по склону оторвавшаяся глыба или зашуршит отделившийся от утеса камень, сползая по осыпи. Во время ветра, или после дождя, или в тихую морозную ночь, или весной, когда тают снега, такие звуки, ясно говорящие нам о постепенном и непрерывном разрушении гор, слышатся еще чаще.

Формы рельефа. Силы выветривания не только ускоряют и облегчают работу текучей воды, прибоя и ветра, но в большинстве случаев вообще делают эту работу возможной. Совокупная деятельность тех и других сил, которые называются геологическими агентами, создает большую часть тех разнообразных форм земной поверхности, которые мы видим и красотой которых мы любимся или удивляемся оригинальности их облика. Эти формы можно разделить на положительные и отрицательные, крупные и мелкие.

Крупными положительными формами являются горные гребни, вершины и отроги, а отрицательными — долины, ущелья, котловины.

Из мелких форм, которые встречаются или порознь или в сочетании с крупными и еще усиливают разнообразие последних, положительными будут башни, столбы, иглы, столы, грибы, качающиеся камни, а отрицательными — ниши, карманы, трубы, соты, ячеи. Эти мелкие формы нагляднее, они дают нам представление о величине разрушения и сноса, которые привели к их созданию; часто они позволяют нам точно измерить эту величину. Особенно часто эти мелкие формы встречаются в пустынях, где достигают и наибольшего разнообразия. Здесь главное участие в их образовании принимает ветер: в пустыне он достигает наибольшей силы из-за скудности или отсутствия растительности, которая в других местах защищает почву и склоны от напора ветра. Но и на гребнях и вершинах гор эти формы часты и разнообразны; и здесь ветер — главный создатель их при помощи мороза и снега.

Вот, например, игла (рис. 68), которую я сфотографировал в пустыне Джунгарии на берегу реки Дям, где целая площадь



Рис. 68. Игла мягких песчаников и глин в «Золовом городе» на берегу рени Дям, Джунгария.

(Фото В. А. Обручева, 1909)

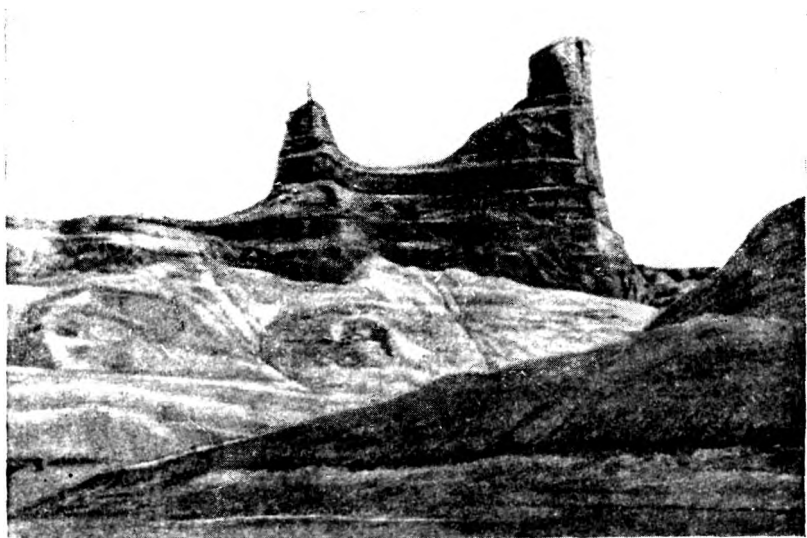
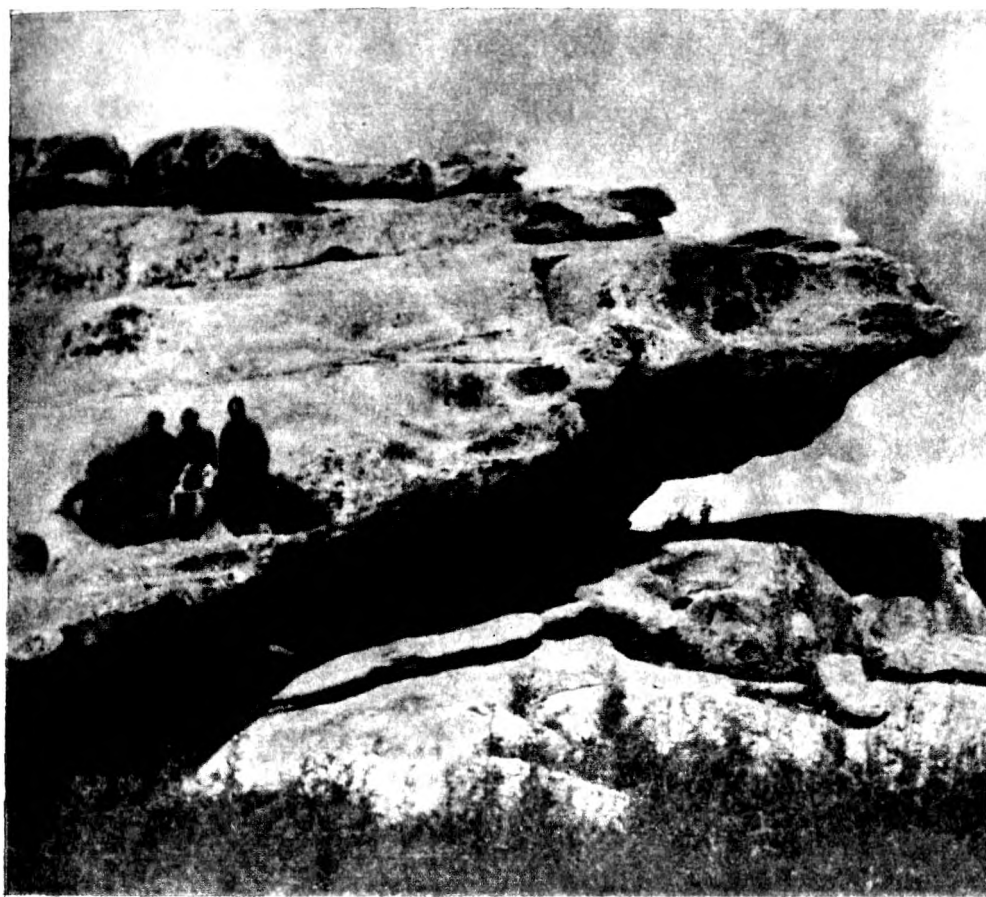


Рис. 69. Седло мягких песчаников и глин в «Золовом городе».

(Фото В. А. Обручева, 1909)



«Черепаша» — форма выветривания гранитов в окрестностях города Шарасулак в Монгольском Алтае — Синьцзян, КНР,

(Фото Б. А. Федоровича)

получила название «Золового города», так как она представляет собой сочетание разнообразных форм, напоминающих развалины (стены, башни, улицы) города и созданных главным образом ветром. Эта игла состоит из довольно мягких песчаников и песчанистых глин в спокойном залегании: если мы смерим ее высоту, которая достигает приблизительно 20 метров, то сможем сказать, что толщина таких же песчаников в 20 метров уже уничтожена вокруг этой иглы. Она является остатком, обусловленным тем, что в верхней части иглы много твердых «конкреций», т. е. стяжений извести, сделавших верхушку иглы более прочной, а под ее защитой уцелели и ниже лежащие слои.



Рис. 70. Золовый гриб в Вади Тарфех, Египет.

Не менее высока и эффектно седловидная форма с двумя башнями в этой же местности (рис. 69). Человек на левой башне служит масштабом, т. е. помогает определить высоту башен и размеры сноса. На обоих снимках видно,

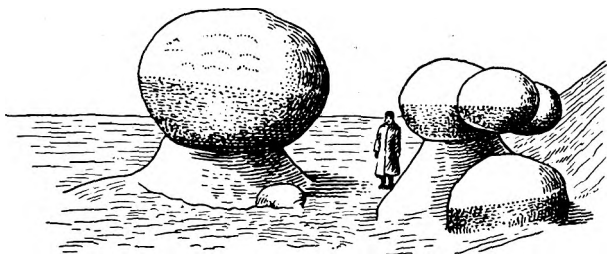


Рис. 71. Золовые шары в пустыне на полуострове Мангышлак.

что растительность совершенно отсутствует и мягкие породы ничем не защищены от действия ветра.

Более твердый пласт, хорошо сопротивляющийся выветриванию, подстилаемый более рыхлой породой, обуславливает образование форм, напоминающих грибы (рис. 70 и 73) и столы. Шарообразные и чечевицеобразные конкреции благодаря своей твердости также создают оригинальные формы, встреченные путешественниками в пустыне полуострова Мангышлак (рис. 74).

На вершинах некоторых гор Северного Урала встречаются группы высоких столбов твердого кварцита, уцелевших из толщ этой породы, снесенной процессами выветривания (рис. 72).

Подобные же столбы, но из гранита, встречаются на севере Сибири. В создании их значительную роль играют мелкие снежинки и пыль, переносимые при зимних пургах свирепыми ветрами с моря и мало-помалу обтачивающие бока столбов.

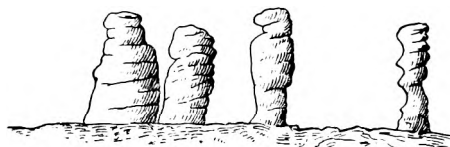


Рис. 72. Столбы кварцитовых сланцев на вершине Болван-Из, Северный Урал.

Вероятно, и в создании уральских столбов существенную роль играют эти мелкие точильщики. На севере Сибири якуты называли такие столбы «кигиляхи»; их считали окаменевшими людьми («киги» — человек; «кигилях» — человеческий).

Не менее оригинальны качающиеся камни — крупные глыбы, оставшиеся при выветривании массива твердой породы, подобные изображенному на рис. 77 (этот камень покоится на маленьком основании и качается при ветре). Интересные камни, стоящие на нескольких ножках. На рис. 78 изображен такой гранитный камень, находящийся в Калбинском хребте Восточного Казахстана, и на рис. 79 — камень, находящийся в Джунгарии.

Массивные породы, состоящие из крупных зерен разных минералов, как гранит, выветриваются своеобразно в процессе, который можно назвать *шелушением*. Частая смена расширения и сжатия, обусловленная нагреванием и охлаждением, проникает неглубоко в массу породы, так как камень плохой проводник тепла. Эти колебания в верхнем слое породы влекут за собой отделение этого слоя трещиной от глубже лежащих в виде толстой скорлупы, затем разбиваемой другими трещинами на отдельные куски, которые отваливаются и скопляются у подножия выхода. Так идет постепенно разрушение твердого гранита, и крупный выход в конце концов может превратиться в кучу шарообразных глыб (рис. 80).

Не менее оригинальны и отрицательные формы. Массивные породы, образовавшиеся из расплавленной магмы, застывшей на глубине, всегда разбиты несколькими системами трещин, которые образуются при охлаждении. Эти трещины на глубине земной коры очень тонкие, малозаметные; но когда порода со временем окажется на земной поверхности, выветривание начинает расширять трещины, и порода явственно распадается на части. Эти трещины называются трещинами отдельности.

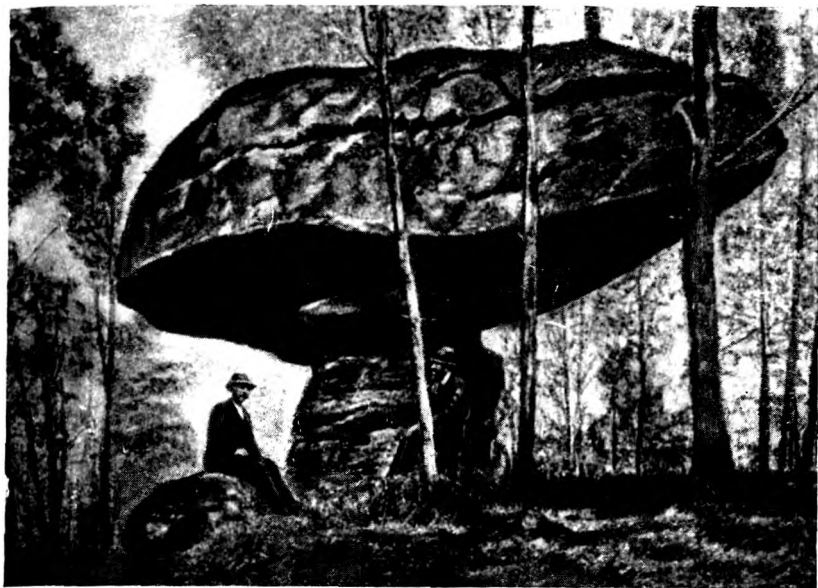


Рис. 73. Золовый гриб меловых песчаников близ Шандау.
Сансонская Швейцария.

В гранитах особенно часты трещины, создающие распад породы на плоские тела, похожие на матрацы. На рис. 81 изображена такая матрацевидная отдельность гранита.

Тот же гранит и грубые песчаники часто покрываются углублениями, которые разрастаются, подобно язвам, и истачивают всю поверхность. Они начинаются обычно от какой-нибудь трещины, в которой скопляется снег или вообще влага; сцепление зерен друг с другом уничтожается, отдельные зерна вываливаются; они выдуваются ветром, и образуется впадина в виде кармана или ниши. В ней всегда собирается влага, и процесс идет все дальше, ниша въедается вглубь, становится больше. Особенно разъедается свод ниши, всегда затененный, и иногда в нем проедается отверстие. Соседние ниши в глубине могут соединиться, и получается галерея из ряда соединившихся ниш с сохранившимися снаружи промежутками в виде столбиков. Эти галереи иногда таких размеров, что в них пролезет человек, иногда же, например в песчаниках, где более прочные слои перемежаются с менее прочными, в последних развивается много маленьких ниш и галерей и получается сотообразное или ячеистое строение поверхности скалы (рис. 83). Эти формы можно наблюдать не только в пустынях, где они встречаются особенно



Рис. 74. Золотый столб. Башня «Замка коварства и любви»
близ Кисловодска, Кавказ.



Рис. 75 Золовые столбы комбрийских известняков. Левый берег реки Лены между городами Олекминском и Янутсом.

(Фото В. А. Обручева, 1891)

часто. Их много, например, в горах возле Кисловодска (у Красного Солнышка и в Ребровой балке), в Крыму, на Южном Урале, в Казахстане и у Колыванского озера на Алтае.

Крупное значение колебаний температуры для разрушения горных пород доказывают примеры больших глыб и валунов, разорванных трещинами на части, отделившиеся друг от друга, но еще лежащие по соседству, так что их недавние тесные соотношения легко определить. Такие лопнувшие и развалившиеся камни можно найти в каждой пустыне. Кроме крупных глыб, бросающихся в глаза, легко обнаружить и более мелкие, получающиеся на различных стадиях распада в результате все большего и большего растрескивания вплоть до небольших обломков, расположенных по соседству и представляющих одну и ту же породу.



Рис. 76. Скала «Перья», один из гранитных «Столбов» правого берега реки Енисей у Красноярска.

Очень оригинальны щетки, получающиеся при выветривании тонкосланцевых пород, которые в обнажениях распадаются на слои, у поверхности утеса или глыбы, расходящиеся веером, тогда как в глубине они еще соприкасаются друг с другом.

Весьма своеобразный продукт выветривания представляет так называемый загар или лак пустыни. Это очень тоненькая, в сотые доли миллиметра, корочка, образующаяся на поверхности утесов, отдельных глыб и даже валунов и гальки: она темно-бурого или черного цвета и более или менее блестящая, похожая на слой лака, которым вымазали камень. Эта корка состоит из солей железа, марганца и кремнезема; наиболее темная и блестящая корка развивается на самых твердых и мелкозернистых породах, содержащих эти элементы, тогда как на крупнозернистом граните они образуют отдельные бурые пятна, а на чистом кварце — матовые желто-бурые. Характерно, что она развивается только на наружной поверхности валунов и обломков, а на стороне, лежащей на земле, отсутствует.

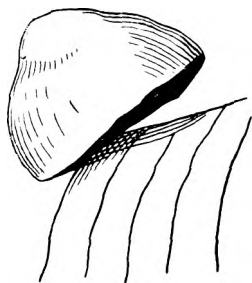


Рис. 77. Качающийся камень Тандиль, Буэнос-Айрес, Аргентина.

В пустынях, где лак развит особенно сильно, получается чрезвычайно своеобразный вид: все утесы, а также обломки и валуны на равнине имеют черный цвет, и в пасмурную погоду получается картина очень мрачная, удручающая. Но при соответствующем освещении она оживает: лак, подобно зеркалам, отражает солнечные лучи, и везде сверкают на склонах, утесах и валунах мелкие синеватые огоньки. Происхождение этого лака еще не вполне ясно. Полагают, что главную роль в его образовании играют роса, осаждающаяся на камнях, и мелкая пыль, выпадающая из воздуха; соли же, входящие в состав лака, могут извлекаться росой из самих пород и из этой пыли. Шары гранита, видные на рис. 80, сплошь покрыты этим лаком пустыни, который очень затрудняет геологическое исследование, скрывая цвет и зерно горных пород.

Осыпи и россыпи. Кроме описанных мелких положительных и отрицательных форм, процессы выветривания создают и более крупные. У подножия разрушающихся утесов отвалившиеся от них обломки накапливаются, образуя на склонах обширные осыпи, часто легко подвижные и трудно проходимые, состоящие из крупных глыб или из щебня, ползущего под погнами вниз (рис. 86 и 87). На ровном месте создаются кучи этих обломков. На плоской поверхности горных вершин выходы



Рис. 78. Гранитная глыба на ножках «Жаба» в Калбинском хребте, Восточный Казахстан.

Фото В. А. Обручева, 1911)



Рис. 79. Гранитная глыба на ножках в хребте Джаир, Джунгария. Стоят М. А. Усов и С. В. Обручев.

Фото В. А. Обручева, 1909)



Рис. 80. Шайтан-Обо в хребте Джаир, Джунгария. Выход гранита, распавшегося на шары.

(Фото В. А. Обручева 1909)



Рис. 81. Матрацевидная отдельность гранита в горах Аркат к югу от Семипалатинска.

(Фото В. А. Обручева, 1905)



Рис. 82. Желоба и карнизы выветривания в красных песчаниках бассейна реки Джиты-Огуз, Тянь-Шань



Рис. 83. Ячеистое выветривание меловых песчаников на реке Альме, Крым.
(Фото Н. Н. Клепинина)



Рис. 84. Золотые ниши в песчаниках Кольцо-горы на левом берегу реки Поддунка близ Кисловодска, Кавказ.



Рис. 85. Золотые ворота Пребиштор в меловых песчаниках, Саксонская Швейцария.



Рис. 86. Осыпи на горных склонах. Долина реки Мун-су, северо-западный Памир.

(Фото Д. И. Щербанова)

твердых пород распадаются при выветривании на отдельные части, превращаясь в сыпучую россыпь глыб, торчащих в разные стороны (рис. 88). Эти россыпи особенно часты в Сибири и в Арктике, где они образуются при совместной работе сильных морозов и влаги туманов, дождей и тающего снега. Но и в теплом климате вершины гор, поднимающиеся над линией постоянного снега, где климат почти арктический, разрушаются быстро и дают обильные осыпи и россыпи, образующиеся в зависимости от выветривания, в котором главную роль играет мороз и которое называется **м о р о з н ы м**.

Элювий и делювий. Продукты выветривания, остающиеся на месте своего происхождения, называют **э л ю в и е м**. Он может состоять из крупных обломков, как описанные россыпи, и из мелких, образующихся при дальнейшем разрушении, в котором главную роль играют химические агенты. Под действием воды, содержащей кислород и углекислый газ, все породы в конце концов превращаются в песок, или в супесь, или в суглинок, или в глину, в зависимости от своего состава. Кварцит, состоящий из чистого кварца, превратится в чистый песок, белый или желтоватый (если кварц охристый), песчаник даст глинистый

песок, гранит — сначала дресву из отдельных зерен, а затем суглинок, глинистый сланец — глину. Известняк, обычно нечистый, теряет известь, которую растворяет и уносит вода, оставляя примеси в виде глины, чистой или песчаной. Эти конечные продукты выветривания в элювии смешаны с большим или меньшим количеством щебня и обломков, находящихся в разных стадиях своего изменения.

Продукт выветривания, находящийся на склонах гор и долин, называют делювием, который отличается от элювия только тем, что его составные части не падают на месте первоначального образования, а сползли или скатились под действием силы тяжести вниз. Осыпи под скалами представляют собой самый грубый делювий; все склоны, за исключением утесов и скал, покрыты более или менее толстым слоем делювия, в котором грубый материал перемешан с мелким. Делювий, смачиваемый водой, может смещаться, ползти вниз по склону, обычно очень медленно, незаметно для глаз, иногда же быстро. Сильно пропитанный водой, он превращается в густую грязь, которая ползет вниз, срывает и комкает дерновый покров, вырывает кусты и даже валит при своем движении росшие на делювии деревья. Такие грязевые потоки, иногда значительной длины и ширины, наблюдались во многих странах. На дне долины они останавливаются, образуя поле густой грязи с комьями дерна, поваленными деревьями и кустами.

Образование почвы. Постепенный переход твердой породы в элювий и делювий можно видеть почти в любом обрыве нижней части склона, особенно в бортах выемок и полувыемок, врезуемых при прокладке железной дороги или шоссе и вскрывших часть склона, ранее сплошь закрытого делювием. В нижней части обрыва вы увидите твердые каменные породы, только разбитые трещинами; немного выше трещин становится больше, порода вся разбита на глыбы и куски; еще выше эти куски уже перемешаны с песком, суглинком или глиной, представляя делювий, а сверху обрыва виден более или менее толстый слой темной или черной земли, пронизанной корнями растений и называемой растительной землей или вообще почвой (рис. 89). Этот переход от твердой породы к почве образует кору выветривания.

В образовании слоя почвы на поверхности элювия и делювия большое участие, кроме агентов выветривания — жары, мороза, воды с кислородом и углекислым газом, принимают корни и отмершие, гниющие части растений — листья, стебли и микроскопические организмы — бактерии. Почвы очень разнообразны, что зависит не только от первичного материала, т. е. от тех горных пород, из которых образовались делювий и элювий, но и от климата, определяющего роль того или другого из



Рис. 87. Пегматитовые жилы, пересекающие гранитный массив.
Туркестанский хребет.
(Фото Д. И. Щербакова)



Рис. 88. Россыпи глыб коренных пород на вершинах гор Бодайбинского района, Восточная Сибирь.

(Фото В. А. Обручева, 1901)

агентов выветривания, а также характер растительности. Та порода, из которой путем выветривания произошла почва, называется материнской породой. В различных климатических условиях создаются различные продукты выветривания из одинаковых материнских пород; из этих продуктов одни остаются на месте и входят в состав почвы, другие переносятся в более глубокие части коры выветривания, третьи удаляются прунтовой водой. Влияние климата создает зональность почв, т. е. распределение их по климатическим поясам земного шара: тропический климат создает почвы одного типа, умеренно теплый — другого типа, холодный — третьего. Влияние материнской породы выражается в более или менее сильном отклонении типа почвы от собственного данному климатическому поясу.

Типы почв и их зависимость от климата. Почвоведы различают следующие типы почвообразования:

Латеритный тип свойствен тропикам и частью субтропикам. Почвы имеют красный или желто-красный цвет, в зависимости от накопления красной окиси железа в верхних слоях коры выветривания. В СССР такие почвы, называемые красноземами, имеются в Закавказье, частью на Южном берегу Крыма и в Средней Азии. Они создаются в условиях жаркого и достаточно влажного климата.

Степной тип образуется в теплом и сухом климате. Почвы этого типа в сухих степях имеют каштановый или бурый цвет, а при большем количестве атмосферных осадков — черный. В Советском Союзе такие почвы распространены на

Украине, в Крыму, в Предкавказье, в Средней Азии, на юге Сибири, в черноземных районах РСФСР. Почвы эти являются наиболее плодородными, так как в связи с сухостью климата легко растворимые соли, необходимые для растений, не вынесены из верхних слоев коры выветривания. В черноземах цвет зависит от большого содержания растительного перегноя, который составляет естественное удобрение почвы.

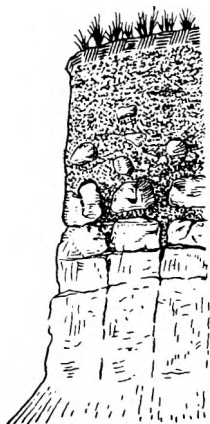


Рис. 89. Переход твердого камня в рыхлую почву.

Подзолистый тип образуется в прохладном и влажном климате. Обилие влаги влечет за собой удаление растворимых солей в более глубокие слои коры выветривания, и верхние слои, доступные корням растений, обеднены этими солями и потому мало плодородны. Почвы этого типа пепельно- или желтовато-серые, покрытые тонким черным слоем, содержащим перегной. В СССР они распространены по всему северу и к югу постепенно переходят в степные.

Типы болотный, солонцовый и солончаковый свойственны всем климатическим поясам в особых условиях местности. Болотный тип развит там, где грунтовая вода стоит почти у самой поверхности, т. е. в низинах и болотах. Солонцовый и солончаковый типы характеризуются обилием солей натрия, вредных для большинства растений, и образуются в особых условиях, способствующих накоплению этих солей в верхних слоях коры выветривания. Солонцовый тип встречается в поясе подзолистых почв, а солончаковый — в поясе степных почв.

Процессы образования и преобразования почв очень сложны, и разбираться в них можно только обладая хорошими знаниями химии. Поэтому мы должны ограничиться сказанным, дающим только общее понятие о типах почв и их распределении в климатических поясах. Отметим еще, что при подъеме на высокие горы климат также меняется в отношении количества тепла и влаги, а поэтому и почвы на склонах также обнаруживают зональность, т. е. приуроченность к определенным климатическим условиям, и в вертикальном направлении. Высоко на горах и в Арктике, где температура почвы большую часть года ниже нуля и где поэтому химические процессы очень слабы, а преобладают механические (простое разрушение материнской породы на крупные и мелкие обломки), различают еще скелетные почвы, представляющие собой просто смесь этих обломков, мало измененных химически. Скелетные почвы обра-

зуются и в пустынях, где недостаток влаги также задерживает химические процессы, а резкие колебания температуры способствуют механическому распаду материнских пород.

Плодородие почвы зависит от состава легко растворимых солей, усваиваемых растениями, от распределения этих солей в коре выветривания и от строения почвы. Если почва очень плотная и твердая, трудно проницаемая для тонких корешков, она и при достаточном количестве солей будет менее плодородна, чем почва пористая, легко проницаемая для корней, а также для воздуха. Последний необходим как для окислительных процессов в почве, так и для жизни бактерий, которые разлагают растительные остатки в почве и способствуют также выделению и накоплению азота, необходимого растениям. Главное значение органических удобрений, употребляемых для повышения плодородия, состоит именно во внесении в почву азотистых соединений. Роющие животные — кроты, насекомые, дождевые черви — способствуют разрыхлению почвы, перемещению составных частей из одного слоя в другой, раздроблению и изменению их.

Растения, развивающиеся на почве и извлекающие из нее необходимые им для роста и плодоношения вещества, в естественных условиях возвращают после своей смерти эти вещества почве в виде растительного перегноя, в который они добавили извлеченные ими из воздуха углекислый газ и кислород. Культурные растения, разводимые человеком, последний использует сам полностью или частью (без корней у злаков, с корнями у многих овощей). Таким образом, эти растения все больше истощают почву, и их разведение требует ежегодного удобрения того или другого рода для возврата в почву веществ, необходимых растениям для их развития.



V

КАК РАБОТАЕТ ВЕТЕР НА ЗЕМЛЕ

Пыльные бури Самум. Смерч. Перенос песка и пыли. Образование дюн на морском берегу. Барханы пустыни. Движение песков и борьба с ним. Шлифованные камни. Кучевые пески. Источники пыли. Вынос пыли из пустынь. Лёсс — пылевая почва, ее распространение и значение. Типы пустынь.

С продолжительной сухой погодой в теплое время года неизбежно связана пыль. Почва незамощенных дорог, свежевспаханных пашен, лишенных растительности склонов и обрывов сильно высыхает и легко рассыпается на мелкие частицы, которые подхватывает и уносит ветер. Пылят даже мощные или асфальтированные улицы городов, и потому они требуют поливки. Порывы сильного ветра поднимают с дорог, а весной и с пашен целые тучи пыли, воздух постепенно наполняется ею и становится малопрозрачным, даль скрывается как бы в тумане. Сильно пылят площади сыпучих песков; хотя они уже многократно перевертываются ветром, но каждый сильный ветер находит новый мелкий материал, так как процессы выветривания продолжают свою работу и дробят зерна песчинок.

Пыльные бури. По временам мы наблюдаем настоящие пыльные бури, особенно на юге Советского



Рис. 90. Начало пыльной бури в Западной Австралии.

Союза весной, так как в это время года много пашен еще не защищено зеленью всходов, а дожди в апреле — мае иногда слишком редки. При таких бурях небо совершенно затемняется пылью. Солнце еле видно и походит на красный диск, пыль проникает даже в комнаты через закрытые окна и двери; на улице она залепляет глаза, скрипит на зубах, затрудняет дыхание.

В Африке, близ песчаных пустынь, пыльные бури называют «самум»; это уже не пыльная, а песчаная буря, так как ветер несет массу песчинок. Пыльные бури свирепствуют также в Северном Китае и Южной Монголии, — где их называют «хый-фын» (черный ветер) и «хуан-фын» (желтый ветер), в зависимости от цвета пыли, — и в других странах, например в Австралии (рис. 90).

Пыль поднимается даже в тихую погоду. В жаркие летние дни мы можем наблюдать, как внезапно на дороге или на пашне поднимается пыльный столб и несется, крутясь, в ту или другую сторону и так же внезапно рассеивается и исчезает. Это пыльный смерч или вихрь, создаваемый спиральным движением воздуха. Бумажки, соломинки, веточки, листья поднимаются в этом смерче высоко вверх и потом падают назад.

В пустынях и степях такие смерчи очень часты, и они поддерживают пыльность воздуха, высасывая мелкую пыль

с поверхности земли. Эта пыль плавает в воздухе целые дни, пока дождь не прибьет ее к земле.

Ветер переносит пылинки и песчинки на большие расстояния и создает из них своеобразные отложения, с которыми нам необходимо познакомиться ближе, так как одни из них являются вредными, другие полезными в народном хозяйстве.

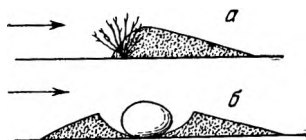


Рис. 91. Образование холмика-косы позади куста (а), впереди и позади камня (б).

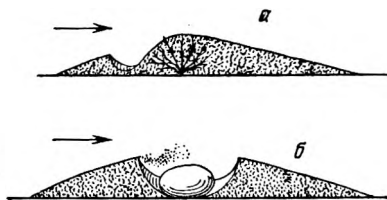


Рис. 92. Рост холмина-косы (а) и засыпание им препятствия (б).

Накопление песка. Отправимся сначала на плоский берег моря или большого озера, состоящий из песка, выброшенного волнами прибоем. Этот песок рыхлый, ничем не скрепленный и представляет хороший материал для переноса ветром, когда высохнет. Ветры на берегу моря дуют часто, иногда достигают большой силы. Они поднимают песчинки в воздух или катят их по земле до первого препятствия, останавливающего их движение. Таким препятствием является какой-нибудь кустик, растущий на пляже. В его ветвях поток воздуха ослабевает, и песчинки падают на землю позади куста. Постепенно за кустом образуется холмик песка в виде длинной косы, сходящей постепенно на нет (рис. 91, а).

Большой камень оказывает иное влияние. Он является сплошным препятствием, а не решетчатым, как куст, пропускающий, но замедляющий движение воздуха. От камня нижний слой воздуха отбрасывается назад, теряет силу и оставляет пылинки впереди камня в виде более короткой косы, обращенной уклонном к ветру (рис. 91, б). Но часть струй воздуха обтекает камень сверху и с боков и оставляет пылинки в затишье за камнем. Таким образом, у сплошного препятствия накапливаются две песчаные, но более короткие косы спереди и сзади. Но куст и камень являются препятствиями до поры до времени. Когда весь куст будет засыпан песком, он превращается в сплошное препятствие, и песок начинает накапливаться с его наветренной стороны (рис. 92, а). Когда коса возле камня вырастет до высоты его вершины, камень также меняет свою роль, бороздки

между ним и обеими косами начинают засыпаться песком, исчезают, и получается сплошная двусторонняя коса, такая же, как и у куста (рис. 92, б).

Дальше накопление песка идет одинаково в обоих случаях. Двусторонняя коса нарастает главным образом с наветренной стороны, где накаплиются песчинки; но часть их переносится

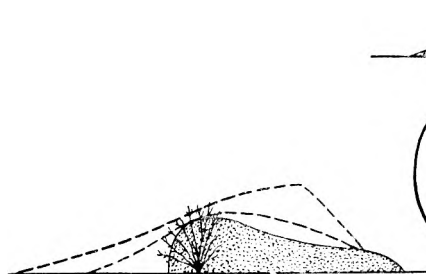


Рис. 93. Превращение холмика в бархан.

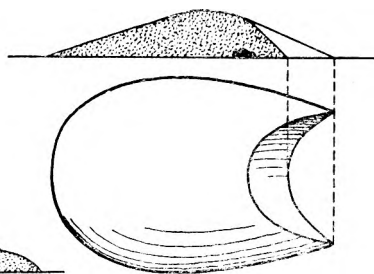


Рис. 94. Разрез и план одиночного бархана.

ветром до вершины и затем в затишье подветренного склона скатывается вниз. Так мало-помалу образуется типичный холмик с пологим наветренным и крутым подветренным склонами и острым гребнем (рис. 93). Но песчинки, переносимые по нижней части наветренного склона, опережают те, которые поднимаются к гребню; они проносятся дальше, образуя маленькие косы, вытянутые по ветру за подветренный склон. В плане холм имеет вид, показанный на рис. 94, с выемкой и двумя рогами на подветренной стороне. Это типичный вид песчаного холма, образовавшегося у препятствия; по форме он похож на копытную кость лошади.

Совершенно так же происходит накопление песка у препятствий в пустынях, и холмик описанной типичной формы там называют «бархан» (рис. 95).

Образование дюн. На морском берегу холмик не может долго существовать в одиночестве. Море постоянно выбрасывает песок, ветры его передвигают вглубь берега, препятствий на пути много, и скоро начинается слияние отдельных холмиков с соседними справа и слева. Получается цепь холмов, параллельная берегу и расположенная на некотором расстоянии от уреза воды. Такая цепь называется дюной. В поперечном разрезе она имеет более пологий склон, обращенный к морю, на который навезаются все новые и новые песчинки, и более крутой подветренный, по которому скатываются песчинки, перенесенные через гребень. В продольном направлении дюна



Рис. 95 Большие барханы сыпучего песка близ города Цзинбянь
в южном Ордосе, Китай.

(Фото В. А. Обручева, 1893)



Рис. 96 пляж Балтийского моря у города Светлогорска.
Наветренный склон передовой дюны.

(Фото В. А. Обручева, 1913)



**Рис. 97. Гребень передовой дюны, искусственно залесенной,
у города Светлогорска.
(Фото В. А. Обручева, 1913)**

имеет плоские вершины, соответствующие первоначальным отдельным холмам, и плоские седловины, соответствующие местам их слияния (рис. 96 и 97).

Движение дюн. Дюна, ближайшая к морю, называется передовой. Она не является неподвижной: песок постоянно переносится с наветренного склона на подветренный, и дюна очень медленно, в течение десятилетий, перемещается от моря вглубь суши. Когда она отодвинется достаточно далеко от берега, на прежнем ее месте начинает возникать новая дюна, которая становится передовой. Прежняя продолжает перемещаться в глубь страны; за ней следует новая, передовая. Так в течение веков вдоль морского берега образуется несколько рядов дюн — пять, десять и больше.

Высота дюн и число их зависят от обилия песка, выбрасываемого морем, от силы и постоянства ветров. Высота колеблется от 20 до 30 метров на берегах Балтийского моря, до 50—100 метров во Франции на берегу Атлантического океана, до 155—200 метров на берегах Средиземного моря. Быстрота передвижения отдельных маленьких дюн может достигнуть 2—3 метров в бурные дни; большие дюны перемещаются на расстояние от 1 до 20 метров в год. При своем движении в глубь страны дюны засыпают леса, луга, лашны, селения. Через ряд лет засыпанный лес, конечно, погибший, а селения в виде развалин опять появляются из-под переместившейся дюны. На берегах Балтийского и Северного морей и Атлантического океана немало примеров таких погибших лесов и жилищ. Поэтому



Рис. 98. Надвигание сыпучих барханых песков на окраину оазиса Данло, Сахара.



Рис. 99. Заросшая лесом передовая дюна к западу от реки Нарвы на берегу Финского залива.

(Фото В. А. Обручева 1900)

движение дюн стараются остановить. Это достигается прежде всего посадками трав и кустов на пляже, откуда ветер берет песок, если пляж не затопляется морем в бурю, и на наветренном склоне передовой дюны. Гребень последней, ее подветренный склон и следующие цепи дюн укрепляют сначала посадкой трав, а затем деревьев, главным образом разных сортов сосны, любящей песчаную почву. Мало-помалу цепи дюн можно превратить в сплошные леса и совершенно остановить их движение. Только на пляже и на наветренном склоне передовой дюны борьба человека с силами природы не прекращается. Прибой моря в бурю смывает посадки, ветры выдувают их, здесь постоянно приходится исправлять повреждения, закреплять берег (рис. 97 и 99).

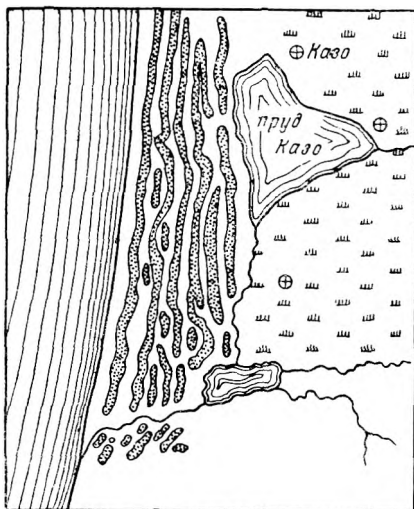


Рис. 100. План дюн Казо на западном берегу Франции.

Цепи дюн, наступающих в глубь страны, нередко запружают реки, впадающие в море, заставляют их разливаться в озера и заболачивать местность, как показывает рис. 100 с планом дюны Казо во Франции.

Озерные и речные дюны. На берегах больших озер при условии плоского берега на значительном протяжении и господстве ветров со стороны озера также образуются дюны, но они не достигают таких больших размеров, как на морских берегах, и легче зарастают. Равным образом на плоских берегах и рукавах рек, на которых во время мелководья обнажаются и высыхают большие площади песка и ила, отложенные рекой, ветер создает отдельные дюны или целые цепи и площади их, которые также передвигаются по ветру, засыпают леса, пашни, селения. Борьба с ними ведется путем систематического закрепления. В Европейской части СССР речные дюны известны в низовьях Днепра, Волги, Урала, а в Сибири — по берегам Иртыша, Оби, Селенги, Чикоя, Лены.

Барханные пески. В пустынях ветер находит другой материал для образования сыпучих песков. Его создает выветривание таких осадочных пород, как различные песчаники, а также таких распространенных изверженных пород, как гранит. В процессе выветривания они распадаются

на дресву и песок. Кроме того, в пустынях находится много рыхлого аллювия и пролювия в виде высыхающих после половодья речных русел и отложений временных потоков, образующихся в горах во время дождей, которые выносят вместе с галькой и щебнем много песка и ила на окружающие равнины, где этот материал быстро высыхает.

В пустынях ветер не случайный гость, а хозяин. С восходом солнца обычно поднимается ветерок, который, постепенно усиливаясь, достигает после полудня наибольшей силы, а затем ослабевает к вечеру и затихает на ночь. Кроме этих регулярных ветров, случаются и бури, которые свирепствуют обыкновенно целые сутки, а иногда, налетая внезапно, быстро кончаются.

Там, где много рыхлого материала, не защищенного растением, ветер подхватывает песчинки и несет их с собой до ближайших препятствий, которыми, как и на берегу моря, служат отдельные кустики, крупные камни, а также отдельные скалы, холмы и горные цепи. Позади куста, впереди и позади камня песок, принесенный ветром, образует такие же косы, как на берегу моря. Эти косы совершенно так же превращаются в песчаные холмы типичной формы, с пологим наветренным и крутым подветренным склоном и двумя рогами (см. рис. 93 и 94). Такой холм (см. рис. 95) тюркоязычные племена, населяющие пустыни, называют «бархан»; это название принято и в науке. Барханскими песками называют скопления сыпучего песка, образовавшиеся в пустынях из продуктов выветривания, в отличие от дюнных песков, созданных из песка, принесенного водой морей, озер и рек.

Если материала для образования барханов немного, то они остаются в виде отдельных холмов, которые быстро перемещаются по направлению господствующего ветра. При достаточном количестве песка барханы, развившиеся у отдельных препятствий, растут и начинают соединяться друг с другом, подобно дюнам, образуя барханные гряды.

В этих грядах гребень всегда волнистый в горизонтальном и вертикальном направлениях; его повышения — отдельные вершины — соответствуют вершинам первоначальных отдельных барханов, а понижения — седловины, обычно выдвинутые вперед по сравнению с вершинами, — соответствуют слившимся друг с другом рогам соседних барханов.

Барханные пески в пустынях занимают более или менее значительные площади в сотни и тысячи квадратных километров, в которых барханные гряды тянутся одна за другой и соединены еще поперечными перемычками, так что промежутки между ними превращены в цепи отдельных котловин. Таковы пески Кара-Кум и Кызыл-Кум и целый ряд других площадей в Средней Азии, пески Алашаня, Восточной Монголии и



Рис. 101. Барханы песчаной пустыни в Сахаре близ Египта.
На склоне бархана на переднем плане видна рябь.

Таримского бассейна в Центральной Азии, а также пески Сахары, пустынь Аравии, Австралии и др.

Высота барханов различная, обычно 15—20 метров, но в некоторых местностях в зависимости от особых условий — обилия песчаного материала и задержки его высокими препятствиями в течение многих веков — барханы достигают 100—200 метров высоты, образуя целые горы. Таковы пески огромной пустыни Такла-Макан в южном Синьцзяне (КНР) и пески Кум-Таг у южного подножия Восточного Тянь-Шаня между городами Люкчун и Пичан и в разных частях Сахары (рис. 101).

Препятствия в виде групп и цепей холмов и гор обуславливают менее правильные скопления барханских песков. В них попадаются и отдельные барханы, и гряды различной длины и формы, вытянутые в долинах и котловинах, примыкающие к склонам, поднимающиеся на них, пересыпающиеся через седловины.

Отдельные барханы, особенно небольших размеров, перемещаются быстро по направлению господствующих ветров; небольшие барханы за год могут продвинуться на сотню-другую метров, большие — на 30—40 метров. Барханные пески наступают очень медленно, высылая в виде авангарда отдельные барханы, которые формируются впереди песчаной площади из песка, уносимого с нее ветрами и скопляющегося у всех препятствий. Такой авангард, увеличиваясь в числе и объединяясь в группы по два и по три бархана, постепенно

захватывает новую площадь, тогда как главная масса песков перемещается шаг за шагом вслед за авангардом.

Такие захваты песками площадей, которые прежде были свободны от них и заняты степью, культурами или жилищами, можно наблюдать в Туркмении, Узбекистане, Кара-Калпакии, Казахстане, Таримском бассейне и Ордосе в Центральной Азии на окраинах сыпучих песков. Борются с песком отдельный земледелец не в состоянии. Окраина песчаной площади отстоит обычно в километре от его пашни, сада или дома; но во время сильных ветров начинает замечаться принос песка и скопление его у препятствий: позади кустиков, в бороздах пашни, в канавке вдоль дороги, под защитой ограды появляются маленькие песчаные косы. С каждой бурей они увеличиваются в числе и размерах, почва пашни становится все более песчаной. Через несколько лет песчаные скопления уже бросаются в глаза; холмики-косы превратились в отдельные барханы; урожайность пашни уменьшилась. Еще десяток лет — и пески уже осаждают человека: пашня почти исчезла под барханами, которые видны и среди деревьев сада, тянутся вдоль оград, пересыпаются через них, поднимаются возле дома до крыши, засыпают часть двора (рис. 98). Через год-два человеку придется бросить дом и пашню и выселиться. Только коллективные усилия и привлечение государственных средств могут остановить нашествие песков посредством их закрепления растительностью, как это делается при борьбе с дюнами.

Не нужно думать, что барханные пески всюду лишены растительности. Песчаных пустынь, абсолютно лишенных растений, на земле немного: таковы значительные площади пустынь Сахары, Аравии, Такла-Макан, отдельные участки песков Кара-Кум и Кызыл-Кум. В большинстве же случаев можно видеть, что на дне котловин между барханами ютятся в том или другом количестве трава и кусты, отчасти поднимающиеся и на склоны. При обилии этой растительности самые формы барханных песков сглаживаются, гребни округляются, крутые подветренные склоны становятся положе, так как кусты и трава защищают поверхность песка от развевания и задерживают песок. Такие ползаросшие пески называют бугристыми, так как их характерной формой будут уже не барханы, а бугры.

Человек, вырубающий и вырывающий кусты на топливо, и скот, выедающий и вытаптывающий траву на песках, являются главными вредителями песчаной растительности, способствующими восстановлению барханных песков или созданию новых площадей их. Повсюду в бугристых песках, где жили когда-то кочевники-скотоводы, вокруг их юрт и колодцев пески были особенно оголены и переходили в барханные. Вредителями растительности песков являются также некоторые грызуны — сус-

лики и песчаные крысы, которые живут в большом количестве в некоторых котловинах; они повреждают рытьем своих нор корни кустов и дают рыхлый материал для работы ветра в виде песка, выбрасываемого из нор. Котловины с колониями этих животных отличаются большей оголенностью и погибающей растительностью.

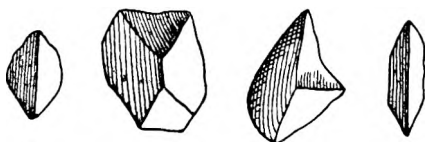


Рис. 102. Шлифованные и ограненные песком осколки камней.

Рябь. Поверхность песка на наветренных склонах барханов и дюн всегда покрыта мелкими неровностями в виде низких гребешков или плоских валиков и промежуточных между ними желобков, в совокупности образующих так называемую рябь. Ее создают на песках слабые ветры, которые перекатывают песчинки на небольшое расстояние. Если присмотреться внимательно, то мы заметим, что валики состоят главным образом из более мелких песчинок, а в желобках видны более крупные. Следовательно, слабый ветер производит сортировку песчинок по размерам. Валики в сущности представляют дюнные и барханные гряды в миниатюре. Расположение валиков и желобков быстро меняется при каждой перемене ветра, так как они вытягиваются перпендикулярно к его направлению (см. рис. 101).

Шлифованные камни. Песчинки, переносимые ветром в большом количестве, состоят главным образом из твердого минерала кварца. Ударяя в поверхность щебня, гальки и утесов и протекая струйками по их поверхности, песчинки истачивают и отшлифовывают ее. Результаты этой работы в виде щебня и гальки можно видеть везде в пустынях, где имеются утесы по соседству с песчаными площадями.

Песок, истачивающий камни, производит эту работу с различным успехом в зависимости от твердости породы: чем порода мягче, тем быстрее идет стачивание ее, тогда как очень твердые породы больше шлифуются и полируются песком. На породах, состоящих из участков или зерен различной твердости, получается неровный рельеф: более твердые участки выступают пребешками, бугорками, более мягким соответствуют впадины, желобки. Куски щебня, галька, лежащие на песке долгое время в том же положении, истираются со всех сторон, но в разной степени, в зависимости от частоты и силы ветров. Так получаются интересные формы трехгранников и четырехгранников

с блестящими отполированными гранями и более или менее острыми ребрами между ними, состоящие из твердых пород, которые можно собирать в пустынях (рис. 102).

Кучевые пески. В тех местностях, где свободного песка слишком мало для быстрого образования барханов и где до-

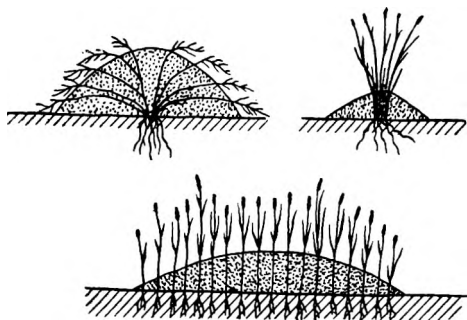


Рис. 103. Типы кучевых песков вокруг куста, пучка чий и зарослей тростника.

вольно много растительности, песок накапливается медленно под защитой этой растительности, которая успешно борется с засыпанием и обуславливает особый вид песчаных скоплений в виде куч и холмиков различной величины, носящих название кучевых песков. Форма и размеры последних зависят от типа растительности. Небольшие кусты с редкими и

тонкими ветвями создают под своей защитой песчаные кучи высотой в 0,5—1 метр, напоминающие могильные насыпи. Густоветвистые кусты, например, тамариск, часто растущие группами, создают песчаные кучи, даже холмики, высотой в 3—5 метров, уже напоминающие курганы. Под защитой зарослей тростника близ источников образуются скопления в виде плоских бугров. Растение чий, или дэрсу, образующее толстые сноповидные пучки, создает пески в виде кочек (рис. 103 и 104).

Растение выдерживает засыпку песком до поры до времени. Когда куча данного типа слишком вырастает, куст постепенно гибнет, так как его корни уже не достигают грунтовой воды. Куст засыхает, ветер обламывает и уносит высохшую листву и веточки, затем и ветви; куча лишается своей защиты и начинает развеваться. Ветер уносит с нее песок на кучи, еще живущие. Этим и обусловлена определенная высота скопления для каждого типа в зависимости от растения. Тамарисковые пески, особенно распространенные на солончаках и берегах рек, исчезают при перемене рекой своего русла. Вода уходит в сторону от них, тамарисковые кусты гибнут, кучи песков начинают развеваться (рис. 105).

Перенос пыли. Итак, мы знаем, что в пустынях скопления сыпучего песка образуются там, где выветривание создает достаточно материала, подхватываемого ветром, в виде разрушающихся коренных пород и высыхающих отложений рек и временных потоков. Но, кроме песчинок, собирающихся в этих



**Рис. 104. Бугор кучевых песков, поросших тамариском.
Пустыня Джунгарских ворот.**

(Фото В. А. Обручева, 1905).

скоплениях, выветривание дает еще более мелкий материал — пылинки. Мы знаем также о пыльных бурях, которые случаются не только в пустынях, и о смерчах или вихрях, которые крутятся в жаркие дни по степям, по пашням, по дорогам, поднимаемая пыль. Что же делается с этой пылью? Если бы она все время оставалась в воздухе, последний давно потерял бы свою прозрачность и мы бы жили в густом пыльном тумане.

Пыль — самые мелкие частицы, созданные выветриванием горных пород, — плавают в воздухе более или менее долго, переносятся ветром на большие расстояния, но в конце концов все-таки оседают на землю, главным образом при помощи дождя и снега. Капли дождя, кристаллы снежинок на своем пути из туч захватывают пылинки, плавающие в воздухе, и прибавляют их к земле. Вы, конечно, заметили, что после дождя или снега воздух становится очень чистым, прозрачным, видно дальше и лучше, чем перед дождем. Это и объясняется тем, что воздух очищен от пыли, совершенно незаметной для наших глаз, но уменьшающей прозрачность воздуха (что заметно при рассмотрении отдаленных предметов).



Рис. 105. Развезание тамарискового песчаного бугра.

Оседание пыли мы наблюдаем ежедневно в комнатах, как в городах, так и в деревнях. Пыль проникает в комнаты вместе с воздухом снаружи, с улицы, и оседает очень тонким слоем на всех предметах. Если не снимать ее время от времени, слой пыли сделается таким толстым, что будет бросаться в глаза, и нельзя будет взять ни один предмет в руки, не запачкав их. Но эта пыль, выпадающая повсюду и на суше и на воде, присоединяется к почве, переносится текучей водой, оседает из нее вместе с другим материалом и не образует самостоятельных отложений.

Такие отложения, состоящие из пыли (лёсс), принесенной ветром, образуются на Земле в иных условиях. Пустыни, где вследствие скудости растительного покрова и резких колебаний температуры, особенно энергично действуют процессы выветривания, являются фабриками, изготовляющими большие количества мелких продуктов — песчинок и пылинки. Пустыни отличаются также обилием ветров. Совершенно тихие дни там редки. Мы уже говорили об этом и отметили также обилие смерчей, которые даже в тихие дни возникают беспрестанно то тут, то там и высасывают пыль с поверхности земли, поднимая ее высоко в воздух. Поэтому в пустынях прозрачность воздуха меньше, чем в странах с более влажным климатом и с более густой растительностью, защищающей поверхность земли от действия ветра.

Ветры в пустынях направлены большей частью центробежно, т. е. из внутренних частей к окраинам. Они и очищают пустыню, выметаю ее, удаляют продукты выветривания на окраины. Не будь ветров, все холмы и горы в пустынях давно были бы погребены под продуктами выветривания коренных пород. Между тем путешественник встречает в пустыне гораздо больше выходов коренных пород, чем в странах с влажным климатом. Везде на склонах холмов и гор, часто даже на дне котловин и долин выступают коренные породы. Правда, они растрескались, разрушены, часто превращены в осколки, в глыбы, в щебень, но там нет того слоя мягкой почвы, который в странах с влажным климатом большей частью скрывает коренные породы, выступающие наружу сравнительно редко и то главным образом на нижней части склонов при подмыве текучей водой. В пустынях элювий отсутствует или образует тонкий слой и имеет грубый состав, а делювий накапливается на нижней части склонов.

Мы уже знаем, что в пустынях из продуктов выветривания образуются барханные пески. Но эти пески покрывают далеко не все пространство пустынь. Они развиты главным образом на окраинах, а во внутренних частях встречаются гораздо реже — обычно там, где процессы выветривания создают особенно много материала или где находятся особенно большие препятствия,



**Барханные пески пустыни Такла-Макан северо-восточнее города Ния,
Синьцзян, КНР.**

(Фото Б. А. Федоровича)

останавливающие вынос материала дальше. Главная же масса песчинок и пылинок выносятся из внутренних частей пустынь к окраинам, где первыми выпадают более крупные частицы — песчинки и, постепенно накапливаясь, создают обширные площади барханных песков. Более мелкие частицы — пылинки — выносятся еще дальше, за окраины пустынь, где уже имеется растительность, где климат влажнее, где выпадают дожди, где ветры, дующие из пустыни, встречаются с ветрами других направлений и, окончательно ослабевая, осаждают этот мелкий материал.

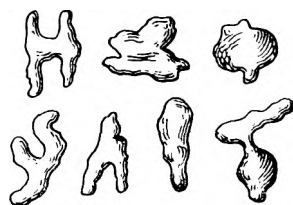


Рис. 106. Журавчики из лёсса.

Образование лёсса. Эта пыль, выносимая ветрами из пустынь, постепенно накапливаясь, образует более или менее мощное отложение своеобразной почвы, которую называют желтозем, или лёсс.

Эта почва имеет серо-желтый или буро-желтый цвет; она легко режется ножом, раздавливается между пальцами и вместе с тем настолько вязкая, прочная, что образует отвесные обрывы в несколько метров, иногда высотой в 10—20 метров. Она содержит много мельчайших пустот, в чем легко убедиться, бросив кусок лёсса в стакан с водой: некоторое время из лёсса будут выделяться пузырьки воздуха, вытесняемого водой. Кроме этих мелких, незаметных для глаза пустот, в лёссе видны еще тонкие вертикальные пустоты — каналы, оставшиеся после растительных корешков. Лёсс состоит из мелких песчинок и пылинок, представляющих собой зернышки кварца, полевых шпатов, глины, известняка, мельчайшие блестки слюды, плотно приставшие друг к другу. С водой он образует липкую грязь, а на дорогах под колесами экипажей и копытами животных превращается в тонкую пыль. Поэтому дороги, проходящие по лёссу, в сухое время года очень пыльны — из-под ног поднимаются столбы пыли, а в дождливое время они грязны — на обувь налипают густая грязь. Изучение состава лёсса показывает, что он состоит из мелкого песка и пыли.

Характерно также, что он не слоистый, образует сплошную массу, не делится на тонкие слои, как осадочные породы, отложенные в воде. Содержание извести в лёссе доказывается тем, что в его обрывах часто можно видеть стяжения извести в виде камней округлой или удлинённой формы (напоминающей корни хрена), называемых журавчиками, сидящих в лёссе порознь или образующих целые горизонты (рис. 106).

Все свойства лёсса объясняются его происхождением из постепенно накапливавшейся пыли, принесенной ветрами из

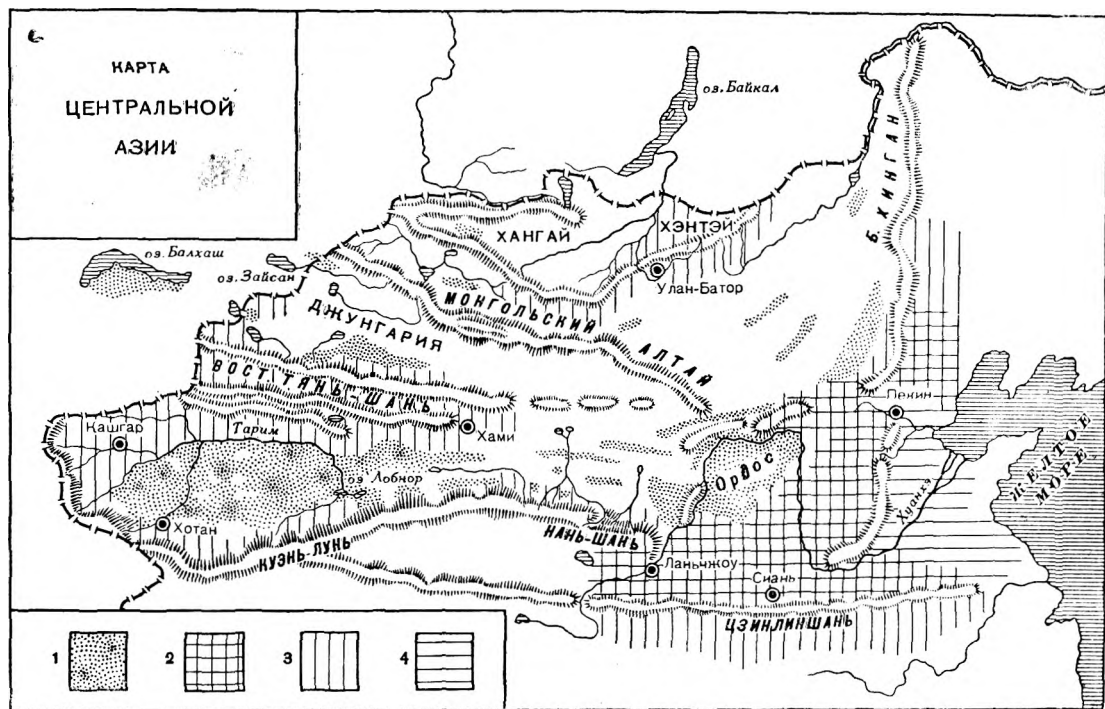


Рис. 107. Карта Центральной Азии. Площади сыпучих песков и лёсса.

(Карта В. А. Обручева)

1 — пески; 2 — лёсс очень мощный; 3 — лёсс немощный; 4 — лёсс слоистый, перетолженный реками, с прослоями неслоистого.

пустыни. Эта пыль оседала на степи, окаймлявшей пустыню. Степь покрыта более или менее густой травой и мелкими кустиками полыни, и пыль садится на них, прилипает к стеблям и листьям. Сделав несколько шагов по такой степи, вы увидите, что ваша обувь покроется желтоватой пылью. Ветерок стряхивает пыль с растений на почву, дождь смывает ее с растений, и пылинки прилипают к почве навсегда. Так, очень медленно, мало-помалу пылевая почва нарастает, за год, может быть, только на 1—2 миллиметра, но в течение тысячелетий образуются толщи в 10—20, даже в 100 и более метров, если условия остаются те же (рис. 110).

Характерная особенность лёсса — очень малое содержание в нем перегноя — объясняется сухим климатом степей, на которых осаждалась пыль; части отживших растений не прибиваются к почве, а постепенно распыляются и уносятся ветром, и только корешки их перегнивают в почве. Несмотря на это, лёсс очень плодороден, что обусловлено его пористостью, позволяющей воздуху проникать к корням, и большим содержанием растворимых солей, необходимых для развития растений.

Китай — страна лёсса. Лёсс образуется в настоящее время в тех странах, где имеются соответствующие условия — достаточно обширная пустыня в качестве «фабрики» пыли и по ее окраинам — степи, на которых эта пыль может накапливаться. Наиболее крупным современным примером является Центральная Азия в качестве «фабрики» пыли и Северный Китай в качестве области отложения лёсса.

Взглянем на карту Центральной Азии (рис. 107). Значительные площади внутри страны занимает пустыня Гоби в Восточной и Центральной Монголии, переходящая на западе в Хамийскую пустыню (Бэй-Шань), к югу от горной цепи Восточного Тянь-Шаня, и в Джунгарскую пустыню — к северу от него. Эти пустыни представляют собой ту «фабрику», из которой песок и пыль выносятся к окраинам. Пески образуют крупные площади: на востоке — вдоль подножия Большого Хингана, на юге — в Ордосе, вдоль Хуанхэ и в Алашане, на юго-западе — в Таримском бассейне (Такла-Макан) и на северо-западе пески Коббэ. Кроме этих больших площадей, имеются кое-где и небольшие в самой Гоби, но все-таки ясно видно сосредоточение сыпучих песков по окраинам, особенно юго-восточной, южной и юго-западной. За песком следуют области лёсса; самая крупная занимает север Китая — провинции Хэбэй, Шаньси, Шэньси и Ганьсу, где лёсс покрывает и горы, и плоскогорья, и долины сплошным слоем, достигающим не менее 100 метров, местами и 200—300 метров мощности. Это самая типичная страна лёсса, где из-под его покрова коренные породы появляются только на гребнях и склонах более высоких

горных цепей и местами на дне более крупных, глубоко врезанных речных долин, особенно в бассейне реки Хуанхэ. Толща лёсса уже сильно расчленена многочисленными оврагами и долинами (рис. 108), но на их склонах виден тот же лёсс более глубоких горизонтов. В этой стране лёсс налагает свой отпечаток на всю жизнь населения: из него строят жилища (в виде обожженного или сырого кирпича), в обрывах лёсса вырывают пещеры, и целые селения являются пещерными (рис. 109), потому что в лёссовой пещере, которую вырыть легко благодаря мягкости лёсса, зимой теплее, а летом прохладнее, чем в доме; все злаки и овощи произрастают на лёссе; все дороги пролегают по лёссу. Желтый цвет, господствуя на земле и в воздухе, обильном лёссовой пылью, и являлся ранее «священным» цветом Китая.

Эта главная область лёсса непосредственно примыкает к пескам Алашаня, Ордоса, Хуанхэ и Восточной Монголии; в сторону этих песков лёсс мало-помалу становится более песчаным. Это область сухих степей, на которых осаждалась пыль, выносимая господствующими ветрами на юго-восток из пустыни. Лёсс поднимается также на северный склон горной цепи Восточного Кунь-Луня, ограничивающей лёссовую область с юга. За этой цепью, в Южном Китае, климат уже другой, очень влажный, и почва там другая. На востоке обширная низменность Великой Китайской равнины также покрыта лёссом, но уже перемытым, перенесенным и отложенным Хуанхэ и другими реками, вытекающими из гористой лёссовой области, где они размывают лёсс.

Западнее лёсс покрывает подножие и северный склон горных систем Нань-Шаня и Западного Кунь-Луня, восточный склон Памира, южные склоны Восточного Тянь-Шаня. Здесь площади его развития меньше и толщина его также меньше. Здесь нет и не было обширных степей для отложения лёсса, как в Северном Китае, он осаждался на горных склонах, где его часто смывали дожди. Но и здесь область лёсса непосредственно окаймляет обширную область песков Такла-Макан. Ее обширность и высота барханов, достигающая 200 метров, обусловлены тем, что эта область — Синьцзян — окружена с юга, с запада и с севера горами и представляет собой огромный мешок, в который ветры с востока наносили песок и пыль и в котором накопились огромные массы песка.

На северной окраине Центральной Азии песков очень мало, но лёсс небольшой толщины имеется. Здесь не было обширных сухих степей, здесь поднимаются нагорья Хангая и Хэнтая, покрытые лесами, так что условия были другие. Кроме того, ветры редко дуют из Центральной Азии в северную сторону. Только в Джунгарии мы опять находим большие пески Коббэ и за ними на горах близ наших границ — лёсс небольшой



Рис. 108. Искусственные террасы в лёссе. Провинция Шаньси, Северный Китай.

(Снимок с самолета)

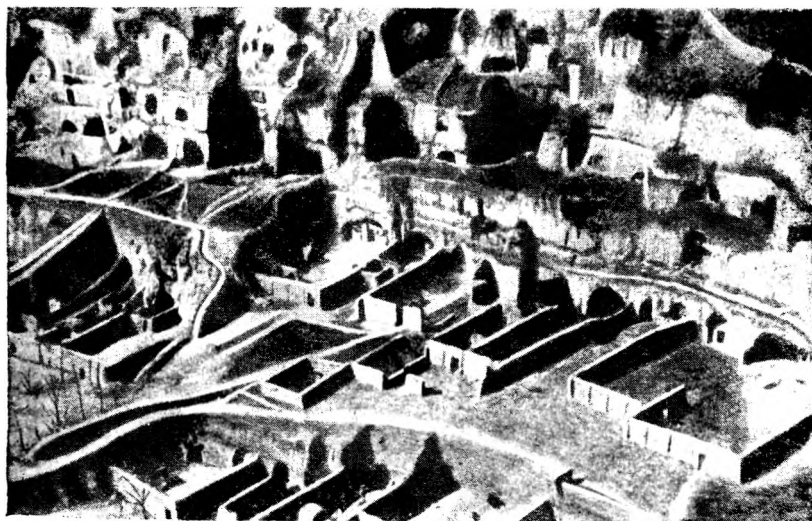


Рис. 109. Обрывы лёсса с пещерными жилищами. Провинция Шаньси, Северный Китай.

(Снимок с самолета)

толщины. В эту сторону пыль выносилась ветрами очень далеко и рассеивалась на большой площади.

Итак, мы видим в общем вполне закономерное сочетание пустыни как «фабрики» песка и пыли, площадей сыпучих песков и площадей лёсса как областей отложения выносов из пустыни, причем все особенности, все различия, замечаемые в разных частях окраин Центральной Азии в отношении распределения песка и пыли и толщины слоя их, объясняются местными условиями климата, растительности, рельефа и направления ветров.

Центральная Азия и в настоящее время является «фабрикой» песка и пыли, а ее окраины — областями их накопления. Но в недавнем прошлом, в первую половину современного геологического периода, условия образования и отложения песка и пыли были еще резче выражены в связи с климатом ледниковых периодов, о которых мы узнаем в следующей главе.

Другие пустыни Земли также являются «фабриками» песка и пыли, но закономерность распределения областей выноса и отложения выражена в них не так ясно, так как климатические условия и расположение пустынь иные. Только в Азии пустыня занимает центр обширного материка, и влияние морей и их ветров здесь не играет такой существенной роли, как в Африке и Аравии.

Лёсс Украины. Читатель, знающий, что лёсс является также почвой значительной части Украины, должен спросить: где же та пустыня, из которой принесена пыль, создавшая украинский лёсс? Или, может быть, этот лёсс имеет иное происхождение, чем азиатский? Нет, он также является почвой, состоящей из пыли, по пустыня, которая была «фабрикой» этой пыли, исчезла. Разница между лёссом Китая и лёссом Украины только в том, что первый является пылевой почвой также современной, а второй — ископаемой, созданной прежде, а теперь перекрытой современной почвой в виде чернозема. В следующей главе мы узнаем, где находилась пустыня, которая создала украинский лёсс, и почему она исчезла.

Таким образом, пустыни в качестве «фабрик» пыли, из которой образуется плодородная почва, играют важную роль в экономике природы, благотворную для человека. Но, с другой стороны, мы знаем, что те же пустыни являются «фабриками» песка, скопляющегося огромными массами на окраинах пустынь, откуда он надвигается на степи, на культурные угодья, на жилища человека, засыпает и уничтожает их. Следовательно, пустыни приносят также большой вред. Впрочем, если взвесить, что больше — этот вред, сказывающийся только в узкой полосе наружной окраины песков, или польза, проявляющаяся в урожайности обширных лёссовых степей, то едва ли могут

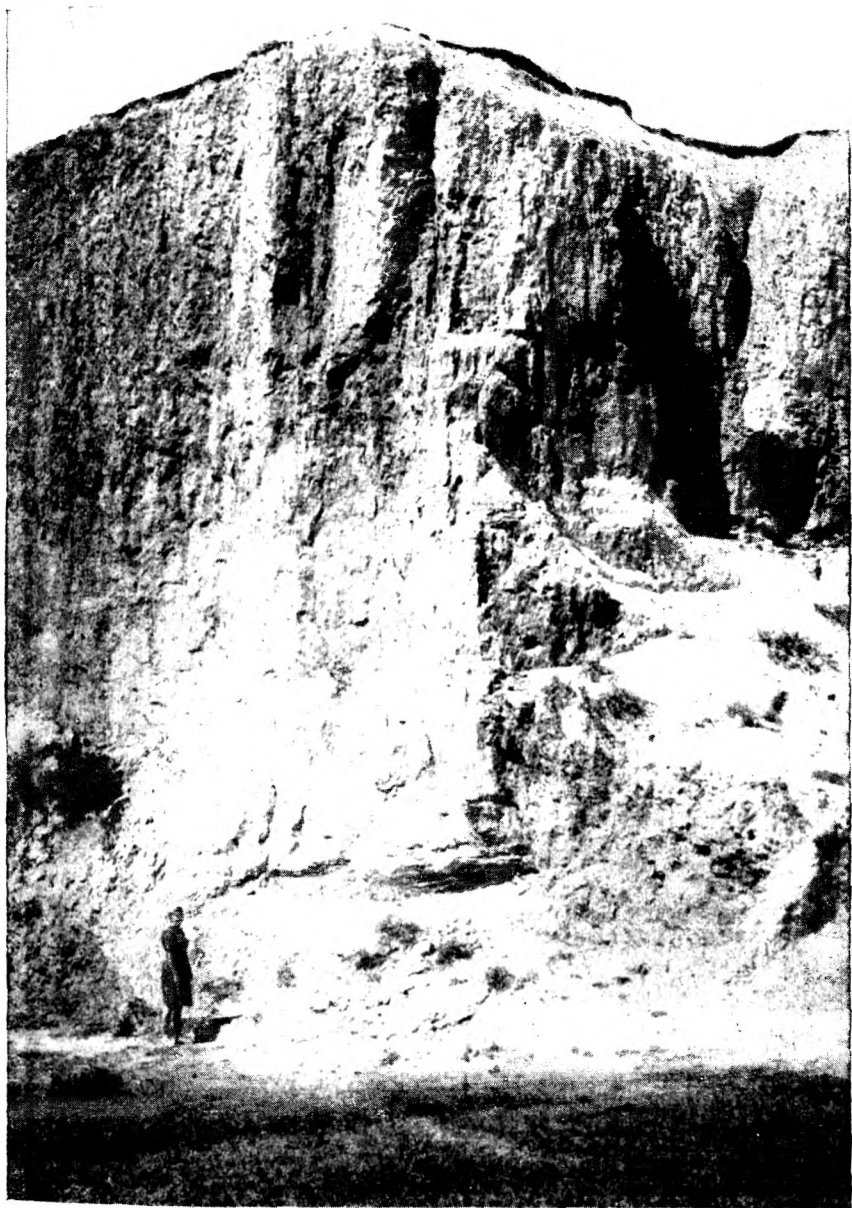


Рис. 110. Лёссовый обрыв в долине рени Ангрен.
(Фото Д. И. Щербакова)



Рис. 111. Холмистая пустыня из зоценовых известняков, окаймляющая долину реки Нил близ Хелуана. Видны сухие русла (вади).

быть сомнения, что польза гораздо больше вреда. С вредом, наносимым пустынями, можно бороться, укрепляя пески посредством разведения на них леса, который со временем превратит и пески в культурные угодья.

Типы пустынь. Мы много говорили о пустынях как о «фабриках» пыли и песка и как о колыбели центробежных ветров, но до сих пор мало знакомились с ними. Так как описание пустынь земного шара составляет задачу физической географии, то мы можем ограничиться лишь характеристикой их главных типов.

По формам поверхности и составу почвы пустыни делятся на следующие типы: 1) гористые; 2) каменистые; 3) песчаные и 4) глинистые.

Гористая пустыня имеет неровный рельеф, представляя собой чередование горных кряжей и групп, обыкновенно небольшой высоты, переходящих в холмы с более или менее обширными долинами и котловинами (рис. 111). Горные кряжи имеют резкие формы, острые вершины и гребни, крутые склоны, изобилующие скалами и вообще выходами коренных пород. Последние вследствие механического выветривания сильно разбиты трещинами и легко разбираются руками на куски; в крупнозернистых породах часто видны карманы, ниши, галереи, соты, ячейки, описанные в гл. IV. Иногда целые склоны, состоящие из гранита или песчаника, усеяны этими впади-

нами, напоминая поверхность дерева, источенного жуками, или вонздреватого сыра.

Но часто более или менее крупные участки склонов сплошь покрыты обломками и щебнем распадавшихся на месте коренных пород. Эти осыпи особенно обильны на склонах холмов, т. е. на менее высоких формах рельефа, на которых иногда совершенно нет выходов коренных пород, — все уже распалось, рассыпалось, тогда как в более высоких горах преобладают или хотя бы обильные обнажения. При известных условиях как последние, так и материал осыпей покрыты лаком пустыни и кажутся отлитыми из блестящего чугуна или состоящими из его обломков.

В цепи и группы гор и холмов врезаны многочисленные долины и котловины, иногда целые лабиринты котловин, связанных короткими долинами или седловинами. Дно их покрыто грубым или мелким наносом из щебня, песка, глины, и в него врезаны русла временных потоков, которые изредка, после сильного дождя, выносят этот материал из гор на окружающие равнины или в главные долины. Мелкий материал со склонов и утесов постоянно сносится ветром, который, как и дожди, способствует тому, чтобы горы пустыни не погружались в продукты своего разрушения.

Горные цепи и группы обыкновенно возвышаются на плоском широком пьедестале, спускающемся полого во все стороны к окружающим равнинам или долинам. Эти пьедесталы состоят из продуктов выветривания гор, грубых и мелких, вынесенных временными потоками из долин и ущелий. Ливни, выпадающие на голые склоны, сразу дают массу стекающей воды, и по всем долинам мчатся бурные потоки, несущие песок, глину, щебень, перекатывающие целые глыбы по руслу. Из долин огромные потоки вырываются на пьедестал. Здесь вода, насыщенная камнями и песком, быстро разбегается по плоскости, теряет свою переносную силу и оставляет принесенный материал, представляющий собой пролювий, который, мало-помалу накапливаясь, и слагает пьедестал. Характерно, что склоны гор сразу и резко поднимаются над пьедесталом (а на рис. 112), тогда как в горах влажного климата этот угол сглажен накоплением делювия (б на рис. 112).

Нельзя сказать, что всякая гористая пустыня совершенно

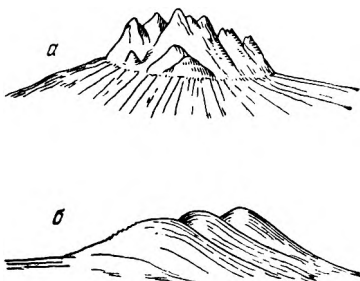


Рис. 112. Пьедестал горной цепи в пустыне (а) и в местности с влажным климатом (б).

лишена растительности. На нижней части склонов и вдоль сухих русел в долинах и котловинах всегда можно видеть отдельные кустики, кусты, а по руслам даже деревья. Количеством и формами этой растительности гористые пустыни отличаются друг от друга. В одних растений больше, в других их почти или совсем нет.

Большие долины или котловины, расположенные между цепями и группами гор и холмов в гористой пустыне, покрыты более или менее значительной толщей рыхлых отложений из щебня, песка, глины, вынесенных с гор и холмов, и представляют собой пустыни каменистые, глинистые и песчаные. Но нередко и среди этих долин и котловин выступают коренные породы отдельными сильно сглаженными выходами или небольшими утесами, даже целыми холмиками, показывая, что толща наносов в этих впадинах не так велика.

Вода в гористой пустыне встречается в виде источников, выходящих кое-где на дне долин и окруженных более густой растительностью; вода течет некоторое время ручейком, но затем исчезает в наносах.

Каменистые пустыни представляют собой совершенно ровные или слабоволнистые площади, песчано-глинистая почва которых более или менее густо усыпана или щебнем, т. е. угловатыми обломками камней, или галькой. Пустынный лап часто покрывает щебень и гальку, и эти пустыни, совершенно лишенные растительности и воды, являются самыми мрачными. Они занимают большие площади в Сахаре и в Аравии; пустыню, покрытую щебнем, арабы называют «гамада», а покрытую галькой — «сериф» (рис. 113 и 114). Но в той и другой обилие щебня или гальки на поверхности обусловлено деятельностью ветра, который сдувает и уносит весь более мелкий материал и обогащает поверхность грубым. Углубившись немного в почву этих пустынь, мы увидим, что она состоит из глинистого песка, в котором заключены щебень или галька. В Центральной Азии пустыни типа «гамада» или «сериф» также встречаются, но занимают меньшие площади на дне больших впадин или вдоль подножия гористой пустыни, и здесь становится вполне ясно, что они тесно связаны с последней и состоят из пролювия — продукта временных потоков (рис. 114).

Песчаные пустыни представляют собой площади сыпучего песка, слагающего холмы в форме барханов или дюн. Барханные и дюнные пески можно относить к пустыням только в случае отсутствия или скудости растительности, так как при обилии последней они представляют степи или даже леса, если покрыты сосновыми борами (дюны) или рощами саксаула, своеобразного дерева песков.



Рис. 113. Каменистая пустыня типа «гамада», покрытая грубым щебнем.
Азлеф в западной Сахаре.

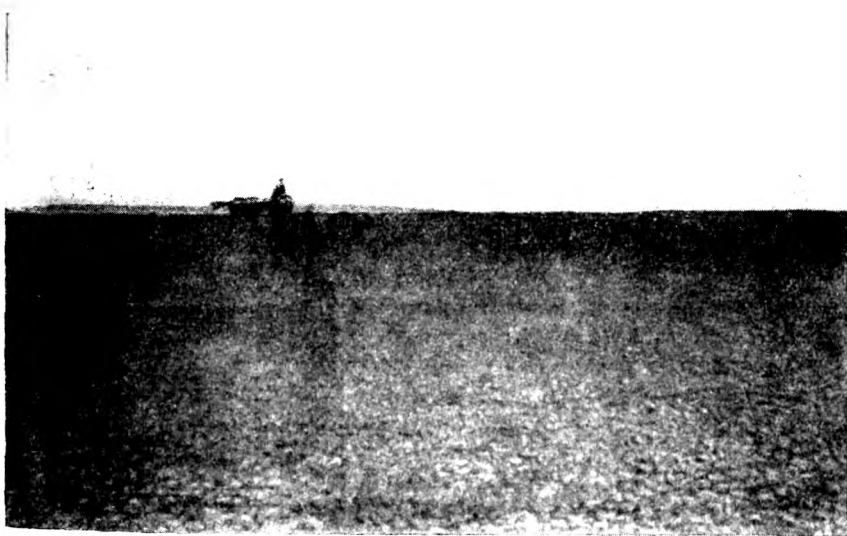


Рис. 114. Каменистая пустыня типа «серир» вдоль русла реки Дям
в Джунгарии.

(Фото В. А. Обручева, 1906)

Поверхность песчаной пустыни неровная, вся состоит из волнистых гряд дюн или барханов, повышающихся и понижающихся, отделенных друг от друга короткими долинами или котловинами, в которых проглядывает глинистая почва или выходы коренных пород. В этих впадинах главным образом и ютится растительность песчаной пустыни.

При отсутствии растительности песчаная пустыня производит гнетущее впечатление. Если подняться на более высокую вершину барханной цепи и оглянуться кругом, глаз до горизонта видит только одни и те же желтые барханные гряды, напоминающие волны моря во время сильного ветра, внезапно окаменевшие. Никаких признаков жизни; если кое-где встречаются трава и кустики, то их не видно, так как они прячутся на дне впадин. Еще ужаснее вид песчаной пустыни Такла-Макан, где барханы достигают 200 метров высоты и растительности совсем нет; здесь глазам представляется уже не волнение во время шторма, а громадная океанская зыбь, внезапно застывшая.

Проходить по пескам поперек или наискось барханных гряд очень тяжело: приходится беспрерывно подниматься на гребни, спускаться в котловины; если путь идет против господствующих ветров, то подниматься приходится по очень крутым и рыхлым подветренным склонам, где ноги животных вязнут по колена и они быстро выбиваются из сил. Легче идти по ветру, так как на наветренных склонах песок уплотнен и нога не вязнет, а спускаться по рыхлому песку подветренных склонов не так трудно. Конечно, легче всего идти, когда маршрут параллелен барханной цепи, так как тогда путь пройдет главным образом по котловинам, пересекая невысокие перемычки между ними. В теплое время года голая поверхность песков сильно нагревается солнцем, от нее пышет жаром, как из горячей печи, и движение в любом направлении становится еще труднее.

А когда поднимется сильный ветер, это окаменевшее желтое море быстро оживает. Барханы начинают куриться, с каждого гребня ветер срывает струйки песка, который постепенно наполняет воздух, попадает в глаза, скрипит на зубах. По наветренным склонам песок бежит по ветру змеящимися фучейками вверх, и все склоны кажутся движущимися; с гребней часть песка срывается ветром, часть ссыпается по подветренному склону пескопадами. Горячий воздух наполняется пылью и становится непрозрачным. Солнце слабо светит в виде матово-красного диска, даль скрывается в пыльной мгле. Даже верхом ехать нельзя без специальных очков, предохраняющих глаза, так как и на высоте всадника по воздуху несутся мелкие песчинки. Если ветер достигнет силы бури, путешественник может заблудиться и погибнуть, так как придется ехать в

облаках песка и пыли, теряя дорогу и направление, изнуряя животных. Лучше остановиться в котловине и переждать бурю.

Глинистые пустыни невелики по размерам. Они встречаются небольшими площадями среди пустынь других типов, обычно занимая дно какой-либо впадины. Плоские берега больших озер и внутренних морей (Каспийского, Аральского, Средиземного) местами представляют глинистую пустыню. Почва ее ровная, глинистая, обыкновенно расщепленная трещинами на шестиугольные участки и настолько твердая, что подковы лошадей почти не оставляют следа. Растительность или совершенно отсутствует, или представлена мелкими экземплярами, укрепившимися в трещинах. В Средней Азии такие глинистые пустыни называют «такыр». Их почва состоит из тонкого ила, который отлагается на дне плоских впадин, заливаемых мутной водой весной или после сильного дождя и высыхающих через несколько дней или недель. Некоторые глинистые пустыни представляют собой плотные или рыхлые (пухлые) соляночки. Глинистая почва их пропитана солями. На ней, обычно на плоских бугорках, растут солянки, на более высоких — кусты хармыка, на самых высоких — кусты тамариска.



VI

КАМНИ-ПУТЕШЕСТВЕННИКИ

История валуна на пашне. Накопление снега в горах. Фирн. Образование ледника и его движение. Трещины. Морены. Таяние ледника. Отступление и наступление ледника. Типы ледников. Великое оледенение и его продукты. Признаки оледенения. Повторность и причины оледенений.

Прогуляемся по полям какого-нибудь колхоза в северной половине Европейской части СССР или в окрестностях Ленинграда. Калинин, Вологды, Пскова. Мы, наверно, заметим, что на серой почве пашни, на зелени выгона или луга или в лесу лежит крупный округленный камень, иной весом в целую тонну или даже две. Более мелкие камни мы увидели бы чаще, но в лесу они скрыты травой и кустарником, а на пашнях и лугах давно уже собраны в кучи, потому что они мешали полевым работам. Только большие, непосильные человеку камни остались лежать. Почва вокруг них мягкая, рыхлая, выходов твердых каменных пород вблизи нет; мы найдем их только на берегу более глубоко врезанной речной долины.

И нам невдомек, откуда взялись эти камни, какая сила притащила их и разбросала по полям и лесам. Не текла ли когда-то в



Рис. 115. Накопление снега (фирн) на горе Фельдберг (1492 м), Шварцвальд.
Вид в начале лета

незапамятные времена по этой местности большая река, а может быть, они упали с неба?

Нет, с неба они не упали; из мирового пространства на землю иногда падают камни, которые называются метеоритами, но они имеют совсем другой вид и состав, как мы узнаем со временем. И не река принесла их, а другая сила, еще более могущественная, которая может переносить на тысячи километров камни в десятки и сотни тонн, непосильные никакой реке. Эта сила — лед, а камни принесены им с далекого севера, из Финляндии, Карелии, с Кольского полуострова. И как это ни невероятно, но когда-то, — хотя с точки зрения масштабов истории Земли и не очень давно, — когда на Земле жил уже первобытный человек, весь север Европы, Азии и Северной Америки был покрыт льдами и имел вид современных Гренландии или Земли Франца-Иосифа, расположенных в суровой Арктике, недалеко от Северного полюса. Земля переживала в то время так называемый ледниковый период. Чтобы понять, как двигался и работал этот опромный северный ледяной покров, нам

нужно познакомиться с современными ледниками, которые имеются в горах Кавказа, Алтая, Альп и в других местах Земли.

Все мы знаем, что в атмосфере, окружающей нашу Землю, даже летом очень холодно. Летчики, поднимавшиеся на самолетах, и ученые, летавшие на воздушных шарах, убедились, что

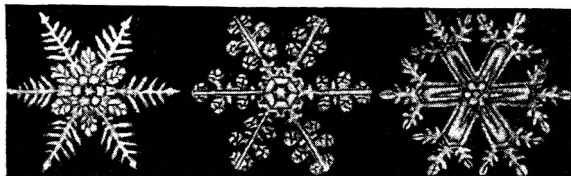


Рис. 116. Снежинки.

уже на высоте нескольких тысяч метров температура воздуха даже летом ниже точки замерзания на несколько градусов, а на высоте 8000—10 000 метров мороз достигает уже 30—40°.

Накопление снега в горах. Фирн. Измерения температуры во время подъемов на стратостатах показали, что на высоте 15 000—20 000 метров круглый год стоят 70-градусные морозы. Но люди знали уже давно, что и на вершинах высоких гор всегда очень холодно, и поэтому там круглый год лежит снег, а каждое ненастье, даже летом, приносит новый снегопад.

Снег на острых вершинах и гребнях гор, на их крутых склонах не может накопиться большими массами: ветер сдувает его; рыхлый свежий снег скатывается ручейками вниз, крупные надувы снега время от времени отрываются и обрушиваются лавинами. Только немного ниже, где снеговая масса упирается в дно какой-нибудь ложбины или впадины на склоне, толщина ее может сделаться более значительной, но также не бесконечно. Вышележащие слои давят на нижние, заставляют их медленно сдвигаться вниз, и под этим давлением малопомалу происходит преобразование снега в лед, хотя температура не поднимается выше нуля. Снежинки (рис. 116) слипаются одна с другой и превращаются в мелкие ледяные зернышки. Мы можем видеть такой обледенелый снег и внизу на равнине, после оттепели или весной во время таяния. На горах его называют фирном. Этот фирн накапливается большими массами на склонах гор, во всех рытвинах, ущельях и долинах между горными грядами и все время медленно, но упорно сползает вниз, причем мелкие ледяные зерна смерзаются одно с другим и превращаются в более крупные.

Образование ледника и его движение. У высокогорных долин и впадин всегда есть выход в более крупную долину, прорываю-



Рис. 117. Окраина фирнового бассейна ледника Ортлер, Тироль.
Видны слоистость, разрывы и оседание фирна.

щую одну из горных пряд. Сюда и сползает с разных сторон фирн, и здесь начинается ледник. Вся площадь, с которой в один и тот же ледник сползает фирн, называется его фирновым бассейном; это область его питания, и от ее размеров и высоты, на которой она находится, и, конечно, от количества снега, выпадающего в горах, зависит величина самого ледника (рис. 117 и 118).

Ледник, на который с разных сторон давит питающий его фирн, ползет вниз по долине. Но как же может ползти твердый лед? Лед ведь хрупкий: если ударить его топором или молотком, он легко разбивается на осколки? Это верно; но лед, хрупкий при кратковременном действии силы, оказывается пластичным, если та же сила будет действовать очень долго. В этом легко убедиться, проделав простой опыт. Положим молоток на ледяную глыбу и через несколько дней увидим, что он немного врезался в лед; последний уступил давлению этой слабой силы — веса молотка. Если положить плоскую глыбу льда концами на две опоры, она через несколько дней прогнется в середине.

Лед, из которого состоит ледник, представляет собой не сплошную прозрачную массу, как лед реки или озера; он



Рис. 118. Фирновый бассейн, ледники с ледопадами и морены.
Вершина Кенигскрейц, Тироль.

состоит из отдельных зерен, как фирн, но более крупных, и это облегчает его движение. Он медленно, очень медленно, течет вниз по долине, приспособляясь к неровностям ее дна. В сутки, как показали наблюдения, горный ледник подвигается на расстояние от 3 до 40 сантиметров, редко до 1—4 метров, в зависимости от своей толщины, ширины и уклона долины. Большие покровные ледники движутся быстрее, например, ледники Гренландии — от 10 до 40 метров в сутки.

Трещины. Ледник все-таки не так пластичен, как воск или вар, с которым его часто сравнивают. Это доказывают многочисленные трещины. Одни из них образуются по краям ледяного потока, потому что здесь движение льда задерживается трением о берега; краевые части отстают от центральных и распадаются трещинами, направленными от краев к середине, обыкновенно недлинные и неглубокие. Гораздо больше трещин образуется поперек всего ледника везде, где уклон его ложа, т. е. дна долины, внезапно становится более крутым (рис. 120). Тут уж пластичность льда не выдерживает, не успевает за ускоряющимся движением, и ледник распадается на отдельные вертикальные плиты или даже глыбы. На более крутых уклонах получается целый хаос ледяных глыб, трудно



Рис. 119. Морены и ледопад на леднике Сангути-Дан.
(Фото Д. И. Щербанова)



Рис. 120. Трещины ледника Зульден. Вершина Кенигсшпице, Тироль.

проходимых для альпинистов. Эти места называются ледопадами.

Ниже ледопада, где уклон делается опять более пологим, трещины постепенно смыкаются, глыбы и плиты соединяются, и ледник становится снова более ровным.

Трещины ледника опасны для путешественника, если они скрыты под свежевывавшим снегом, в них легко провалиться, потому что многие достигают ширины в 1—2 метра, а вглубь иногда уходят через всю толщу льда, которая может иметь 50, 100, 200 метров. Но вглубь большая часть трещин суживается и, наконец, смыкается или забита снегом. Во всяком случае падение в трещину не всегда сходит благополучно.

Морены. В фирновом бассейне поверхность фирна всегда чистая, белая. Хотя на нее со скал, выступающих из-под снега кое-где на склонах, изредка сыплются щебень и обломки разрушаемых морозом каменных пород, но их скоро скрывает свежий снег. Поверхность ледника в его начале также чистая, но далее вниз она нередко теряет свою белизну — на ней появляются в большем или меньшем количестве так называемые *морены*.

Склоны долины, по которой ползет ледник, чем дальше вниз, тем менее покрыты снегом, тем более на них выступают в виде скал и обрывов каменные породы, с которых время от времени падают щебень и обломки на поверхность льда. Ледник уносит их дальше, к тому же месту подходит чистая часть ледника, на нее опять сыплется материал. Таким образом по краям ледника образуется длинная грядка этих обломков, мелких и крупных, высота и ширина которой зависят от состава и высоты склонов. Чем последние выше и чем легче разрушаются породы, тем выше и шире эта грядка, называемая боковой мореной (рис. 122).

Многие ледники являются сложными; они образуются соединением нескольких ледников, вытекающих из отдельных фирновых бассейнов. При слиянии двух ледников правая боковая морена одного и левая другого соединяются, и в сложном леднике ниже этого места, кроме боковых морен, мы увидим еще одну, которая тянется в его средней части и называется срединной. Ледник, образовавшийся от слияния нескольких ледников, может иметь и несколько срединных морен (рис. 121).

Все эти морены, лежащие на поверхности льда, называются *поверхностными*. Но, кроме того, в ледниках имеются и *внутренние морены*. При образовании трещин часть материала поверхностных морен проваливается в них и далее путешествует уже на большей или меньшей глубине внутри льда. Кроме того, внутри льда путешествуют и все те обломки, которые упали на фирн в фирновом бассейне и были покрыты снегом.



Рис. 121. Ледник Большого Талдура, Южно-Чуйские белки, Алтай. Видно образование двух срединных морен, которые идут от скал, выступающих в фирновом бассейне.

(Фото В. В. Сапожникова, 1911)



Рис 122. Ледник Мён-су, Белуха, Алтай. Видны боновая и береговая морены (спереди, справа).

(Фото В. В. Саножникова, 1911)



Рис. 123. Правая сторона ледника Сангути-Дан. Видна боковая морена.
в глубине — нунатаки.
(Фото Д. И. Щербанова)

Тяжелая масса льда, ползущая по каменному ложу, производит, подобно текучей воде, работу по разрушению этого ложа; она мало-помалу истирает его, захватывает мелкие обломки и более крупные куски, отделившиеся трещинами от ложа. К ним присоединяются обломки, упавшие в глубокие трещины, проходившие до дна ледника. Весь этот материал, вмерзая в лед, движется вместе с ним, частью же скопляется в выбоинах, впадинах ложа. Если ледник исчезает, мы находим его ложе, отчасти устланное этим материалом, образующим донную морену. От материала поверхностных морен он отличается тем, что отдельные камни в нем более или менее округлены, сглажены трением друг о друга, о лед, о ложе, тогда как в поверхностных и внутренних моренах все обломки угловатые и шероховатые.

На этих валунах мы часто видим отполированные трением льда поверхности, покрытые тонкими царапинами или глубокими бороздками, которые нанес острым углом другого камня, вмерзшего в лед. Эти царапины и борозды называются ледниковыми шрамами. Их можно найти и на поверхности каменного ложа ледника, которую лед и вмерзшие в него камни полировали и царапали.

Ледники в горах спускаются по долинам более или менее далеко, но всегда ниже линии постоянного снега, т. е. той



Рис. 124. Конечная морена ледника Мён-су на горе Белуха, Алтай.
(Фото В. В. Сапожникова, 1911)



Рис. 125. Конечные морены и ледниково-речные отложения ледника Ак-тру,
Алтай.
(Фото В. В. Сапожникова, 1911)



Рис. 126. Ледниковый грот. Конец ледника Мён-су, Белуха, Алтай.
(Фото В. В. Сапожникова, 1911)



Рис. 127. Ледниковый стол. Ледник Мер-де-Глас, Монблан, Швейцария.

границы, ниже которой летом температура выше нуля и снег тает. Ниже этой границы ледник начинает таять, уменьшается в объеме и, наконец, исчезает, а весь каменный материал, находившийся на льду и внутри льда, освобождается, сваливается в кучи или в грядки и образует еще один вид морен, которые называют *конечными* (рис. 124 и 125).

Поэтому в этих моренах мы найдем пеструю смесь, состоящую из обломков всех пород, из которых слагаются склоны фирнового бассейна и ледниковой долины, угловатой, слегка сглаженной и вполне окатанной формы и всевозможной величины. Все это ледник вынес и свалил в одну кучу.

Таяние ледника. Как уже сказано, ниже границы постоянного снега ледник с поверхности начинает таять, сначала очень слабо, а чем ниже по долине, тем сильнее; масса льда сокращается, и в связи с этим на поверхности ледника наблюдаются интересные явления.

Какая-нибудь большая плоская плита, свалившаяся со склона и лежащая на поверхности льда, предохраняет лед под ней от таяния, тогда как вокруг нее лед тает и поверхность его понижается. И вот через некоторое время эта глыба, очутившаяся уже ниже по долине вместе со льдом, оказывается лежащей на ледяной опоре в виде ножки. Это *ледниковый стол* (рис. 127). Но эта ножка, обвеваемая теплым воздухом, продолжает таять, становится тоньше, и, наконец, плита теряет равновесие, падает на лед и может дать начало новому столу.

Маленькие камни, лежащие на леднике, ведут себя иначе. Они согреваются солнцем. Так как они более теплоемки, т. е. более способны поглощать тепло, чем окружающий лед, то они постепенно растапливают лед под собой и, мало-помалу врезаясь в него глубже, оказываются лежащими на дне небольшой вертикальной трубки. Это *ледниковые стаканы* (рис. 128).

В фирновом бассейне снег выпадает не непрерывно, снегопад чередуется с ясными днями, в течение которых ветер наносит на поверхность снега мелкую пыль со скал, выступающих на склонах. Вот почему фирн в бассейне получается слоистый, а не однородный. Вы можете убедиться, что и зимний снег на равнине не сплошной, а слоистый. После каждого снегопада на поверхности снега ветер наносит немного пыли, листьев, сора с соседней дороги, с деревенских улиц, приносит частицы сажки, вылетающей из труб, в особенности в окрестностях городов и заводов. Поэтому снег каждого снегопада отделен от вышележащего тонкой темной прослойкой пыли.

В фирновом бассейне слои снега, перекрываемые все новым и новым снегом, при превращении в фирн спрессовываются и становятся тоньше. Слоистый фирн, наконец, переходит

в лед, который поэтому также оказывается слоистым, что можно видеть в стенках трещин; в той части, где ледник уже сильно тает, слои выступают и на поверхность в виде кривых линий, часто причудливо изогнутых, так как при движении льда они, естественно, искривлялись.



Рис. 128. Ледниковые стаканчики.

Если ледник богат поверхностными моренами, то в его нижней части, называемой языком, лед часто совершенно скрывается под ними. Наблюдатель видит беспорядочно наваленные мелкие и крупные камни слившихся боковых и срединных морен и может даже не догадаться, что под ними скрыт лед. Только пройдя дальше вверх по леднику, он увидит лед кое-где.

Конец ледника в зависимости от мощности льда и обилия морен представляется наблюдателю в различном виде. Если лед мощный, а поверхностных морен мало, мы увидим ледяной обрыв, разбитый трещинами, иногда с отколовшимися и свалившимися большими и малыми глыбами льда; из-под этого обрыва вырывается большой ручей или целая речка, в которой собралась вся вода, образовавшаяся при таянии ледника. Эта вода с поверхности стекает по трещинам вглубь (рис. 129). Речка часто вытекает из красивого ледяного тоннеля. Тут же грядами и кучками лежат вытаявшая и свалившаяся сверху морена (рис. 126). Если на леднике много каменного материала, ледяной обрыв конца бывает более или менее засыпан им, иногда до полного исчезновения льда.

Речка, вытекающая из-под ледника, имеет всегда грязную воду, так как уносит всю пыль, вытаявшую из льда, а также песок и ил, образовавшиеся на каменном ложе ледника из-за истирания его льдом, а на моренах — из-за разрушения их морозом. Речка выносит гальку и валуны, вытаявшие из внутренней морены или вымытые из донной морены. Вырвавшись из-под льда, речка размывает также конечную морену и уносит из нее все, что ей под силу. А сила эта колеблется: зимой, когда ледник не тает, речка очень мала; весной и осенью, когда таяние происходит слабее, она немного больше, а летом, в разгар таяния, она вздувается и работает особенно усердно.

Ниже конца ледника на некотором расстоянии, иногда на несколько километров, до предела растительности, дно долины голое, засыпанное песком, галькой и валунами, которые вынесены речкой. По этим отложениям, называемым ледниковыми

речными (флювиогляциальными), извивается речка одним или несколькими руслами (см. рис. 125).

Отступление и наступание ледника. Конец ледника не остается всегда на одном и том же месте, а перемещается то вверх, то вниз по долине, так как масса ледника подвержена колебаниям в зависимости от изменений климата. Последние бывают

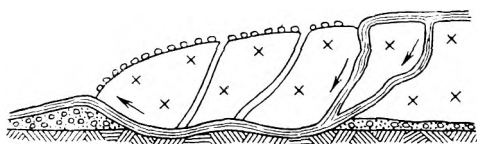


Рис. 129. Разрез ледникового языка. Видны трещины, по которым стекает вода с поверхности ледника под лед, и отложения донной и конечной морен.

или случайные кратковременные или многолетние. Бывают годы, более богатые атмосферными осадками, и годы, бедные ими. В течение первых фирновый бассейн получает больше снега, масса ледника увеличивается, и язык его подвигается вниз — ледник наступает. В годы, бедные осадками, масса ледника уменьшается и язык его перемещается вверх — ледник отступает. Ввиду медленности движения льда эти колебания в питании ледника отражаются на его языке только через несколько лет.

Но климат страны может измениться надолго в определенном направлении, например, вследствие вырубки лесов, осушения озер он делается более сухим, и это через некоторое время вызовет отступление всех ледников этой страны из года в год. Это наблюдается в настоящее время в Альпах Швейцарии, на Кавказе, на Алтае и в Тянь-Шане.

Типы ледников. Ледники могут иметь различные размеры и занимать разное положение в зависимости от рельефа страны, ее высоты над уровнем моря и количества атмосферных осадков. В не очень высоких горах выше границы постоянного снега поднимаются только самые высокие гребни и вершины. Площадь, покрытая снегом, небольшая, фирновые бассейны маленькие. Ледники получают скудное питание и спускаются недалеко, оканчиваясь или у самого устья фирнового бассейна или даже на склоне гребня. Первые называются *каровыми*, вторые — *висячими*, так как они как будто свешиваются с гребня, где их питает небольшая площадь фирна (рис. 131). Каровые ледники питаются фирном, заполняющим так называе-

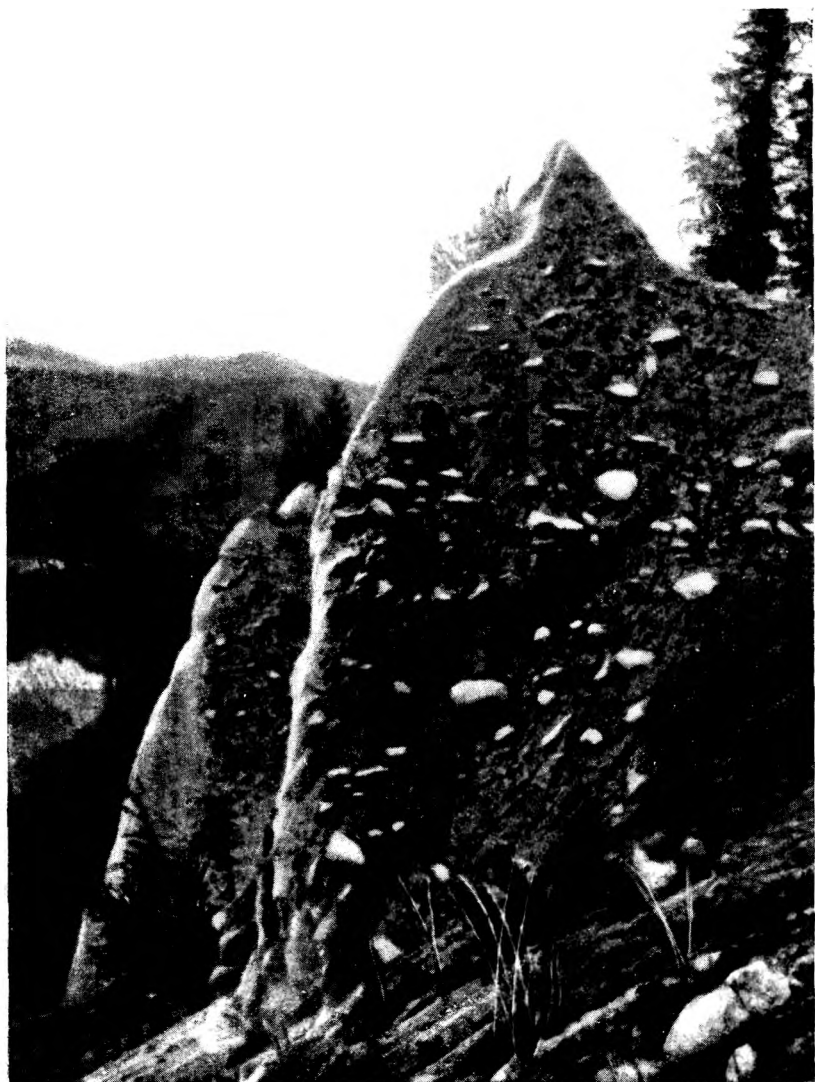


Рис. 130. Древняя морена (размытая) на правом берегу реки Катунь, Алтай.

(Фото В. В. Сапожникова, 1911)



Рис. 131. Высачий ледник на горе Тауеннкопф, Австрийские Альпы.

мые кары — большие выемки формы полуцирка, врезанные в гребень горной цепи, имеющие очень крутые скалистые склоны и плоское дно. Кар можно сравнить с креслом исполина, имеющим крутобокие ручки и спинку и вдавленное сиденье (рис. 132 и 133). Фирновый бассейн отдельного кара невелик, и ледник едва выходит из его устья на склон. Нужно заметить, что кары мы найдем во многих горах, но если горы поднимаются более высоко, то целый ряд соседних каров и дно долины, в которую они открываются, попадают в общий фирновый бассейн и тогда в совокупности могут питать и большой ледник.

Ледник, занявший горную долину, называется долинным. При сильном оледенении гор долинный ледник может вытолкнуться из горной долины на окружающую подгорную равнину; несколько таких ледников, соединяясь на равнине, образуют ледник подножия. Такие ледники известны в Южной Аляске. В ледниках подножия лед на равнине широко расплывается веером, но мощность его, конечно, уменьшается. На гористых островах Северного Ледовитого океана, на Новой Земле, на Шпицбергене и Земле Франца-Иосифа многие ледники, выходя из горных долин, спускаются прямо в море.

От их концов время от времени отрываються большие массы льда, которые уносятся течениями и, плаывая по морю, представляют ледяные горы (айсберги) различной величины. У таких ледников видимых конечных морен нет, вытасивающий из них каменный материал падает в воду.

Типы оледенения. Горная страна, несущая ледники, в зависимости от своего рельефа и мощности льда представляет три типа оледенения. Если мы видим в горной стране, расчлененной долинами на отдельные горные цепи, долинные ледники, а на гребнях и вершинах гор часто выступают скалы каменных пород, — это будет альпийский тип, по имени Альп Швейцарии, где он хорошо развит. Если горная страна расчленена не так сильно и в верховьях долин представляет более или менее широкие плоскогорья, последние покрыты сплошь снегом, служат фирновыми полями, питающими более или менее крупные ледники, — это будет скандинавский тип, так как он развит в настоящее время на севере Скандинавии. Если же обширное плоскогорье сплошь покрыто льдом или горная страна несет такие мощные ледники, что под ними скрываются и склоны и только кое-где над льдом поднимаются отдельные вершины, — это будет покровный тип. Такой тип мы находим в настоящее время в Гренландии, на Земле Франца-Иосифа и на антарктическом материке (рис. 135 и 136).

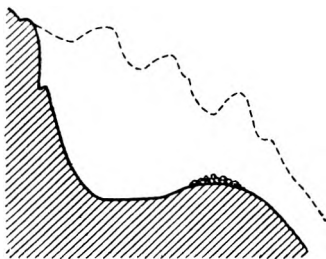


Рис. 132. Продольный разрез ледникового кара.

Великое оледенение и его продукты. Ледники такого покровного типа когда-то покрывали весь север Европы, Азии и Северной Америки. Наша Земля переживала в это время ледниковый период, вернее, четыре ледниковые эпохи. В каждую из них развивался ледниковый покров, достигавший разных размеров, затем он сильно сокращался или совсем исчезал, а через некоторое время снова разрастался. Промежутки между ледниковыми эпохами называются межледниковыми эпохами; их было три. Время после прекращения последней ледниковой эпохи называют послеледниковой эпохой; она, в сущности, продолжается и теперь, так как остатки последнего оледенения мы видим еще в Арктике, на севере Европы, затем в Альпах, на Кавказе, на Алтае и на других горах в виде современных ледников.

Во время ледниковых эпох климат Северного полушария был более суровым, чем в настоящее время, атмосферных осадков было больше и выпадали они главным образом в виде снега.



Рис. 133. Снежники в древних карах и каровые озерки на гольце.
Чебал-Таскыл, Кузнецкий Алатау.

(Фото А. Н. Чуракова)

который в течение короткого и прохладного лета не успевал целиком растаять. Такие остатки прошлогоднего снега мы находим и в настоящее время на более высоких горах Северного Урала и Сибири в виде отдельных полей и полос на северных склонах и в ложбинах. Их называют перелетками, а горы, на которых долго держится снег, называют белками или белогорьем. В начале каждой ледниковой эпохи такие перелетки, в зависимости от ухудшения климата, начинали появляться на севере: в Скандинавии, Финляндии, Канаде, Сибири, и с каждым годом их становилось больше и занимали они все большие площади. Потом, через много-много лет (потому что изменения климата происходят очень медленно), эти перелетки слились в сплошной покров на всех возвышенностях, тогда как долины и равнины были еще свободны от них. Снег на возвышенностях накапливался из года в год; но он не мог нарастать бесконечно, как мы уже знаем. Началось превращение его в фирн и сползание по склонам в виде ледников, которые стали заполнять и долины.

Обширные площади, покрытые снегом, фирном и льдом, способствовали еще большему ухудшению климата; период таяния все больше сокращался, большую часть года осадки



Висячий ледник — один из правых притоков долинного ледника Карагюль (передний план) на восточном склоне массива Хан-Тенгри в Центральном Тянь-Шане.

(Фото Л. Д. Долгушина, 1959)



Рис. 134. Хан-Тенгри, одна из высочайших вершин Тянь-Шаня. Фирновый бассейн северного склона. Спереди поверхность большого ледника, покрытого моренами.



Рис. 135. Окраина сплошного ледникового покрова, Гренландия.

выпадали в виде снега, и толщина покрова возрастала. В зависимости от похолодания и более южные местности начали покрываться перелетками, а затем и сплошным покровом. Все новые и новые площади исчезали под ним. Ледники, сползавшие по всем долинам, увеличивались в длину и толщину. Когда этот покров распространился на всю Финляндию, Карелию и Северную Скандинавию, местности более гористые, ледники начали уже выползать на равнины, расположенные южнее. Отдельные ледники сливались друг с другом подобно современным ледникам подножья, а потом начинали медленное, очень медленное, длившееся столетиями, наступление на юг, подвигаясь все дальше и дальше, захватывая все новые и новые площади (рис. 137 и 138).

На южной окраине лед, конечно, таял и давал начало рекам, текшим на юг, а также озерам во всех понижениях, где вода могла застаиваться. Но таяние в течение короткого лета не могло уравнивать прибыль снега в течение долгой зимы, а севернее на сплошном покрове и летом осадки выпадали в виде снега. Лед нарастал, и потому ледник должен был подвигаться все дальше и дальше на юг. Толщину ледникового покрова на горных возвышенностях, служивших центрами оледенения, оценивают в 2000 метров, судя по толщине современного покрова Гренландии и Антарктиды. Трудно даже представить себе, что в Финляндии, на Кольском полуострове, на севере Скандинавии, в Канаде и на севере Сибири лежал сплошной лед в 2 километра толщиной. Но это несомненно, так как, если бы в центрах оледенения лед был не такой толстый, а имел бы каких-нибудь 200—300 метров, покров не мог бы продвинуться так далеко на юг. А между тем в Европе он доползал не только до Москвы, а даже до Курска, Киева, Варшавы, Берлина. Для возможности такого далекого путешествия напор из центров должен был быть большой. Дальше на юг толщина льда, конечно, становилась все меньше и меньше.

Подобно современным ледникам в горах, этот гигантский ледник, двигаясь по земной поверхности и напирая на все ее неровности, отламывал и захватывал мелкие обломки и целые глыбы горных пород, щебень, песок, глину из наносов и уносил их с собой. Выступы горных пород он истирал, шлифовал, бороздил, царапал. Вследствие отсутствия высоких гор на его пути и громадной толщины льда в центрах оледенения, поверхностных морен на ледниковом покрове не было, а были только внутренние из захваченного с ложа материала.

Что же происходило на южной окраине ледника? Здесь климат был уже достаточно теплым, и лед сильно таял, сгружая у своего конца принесенный с собой каменный материал в виде конечных морен. Многочисленные ручьи и речки талой

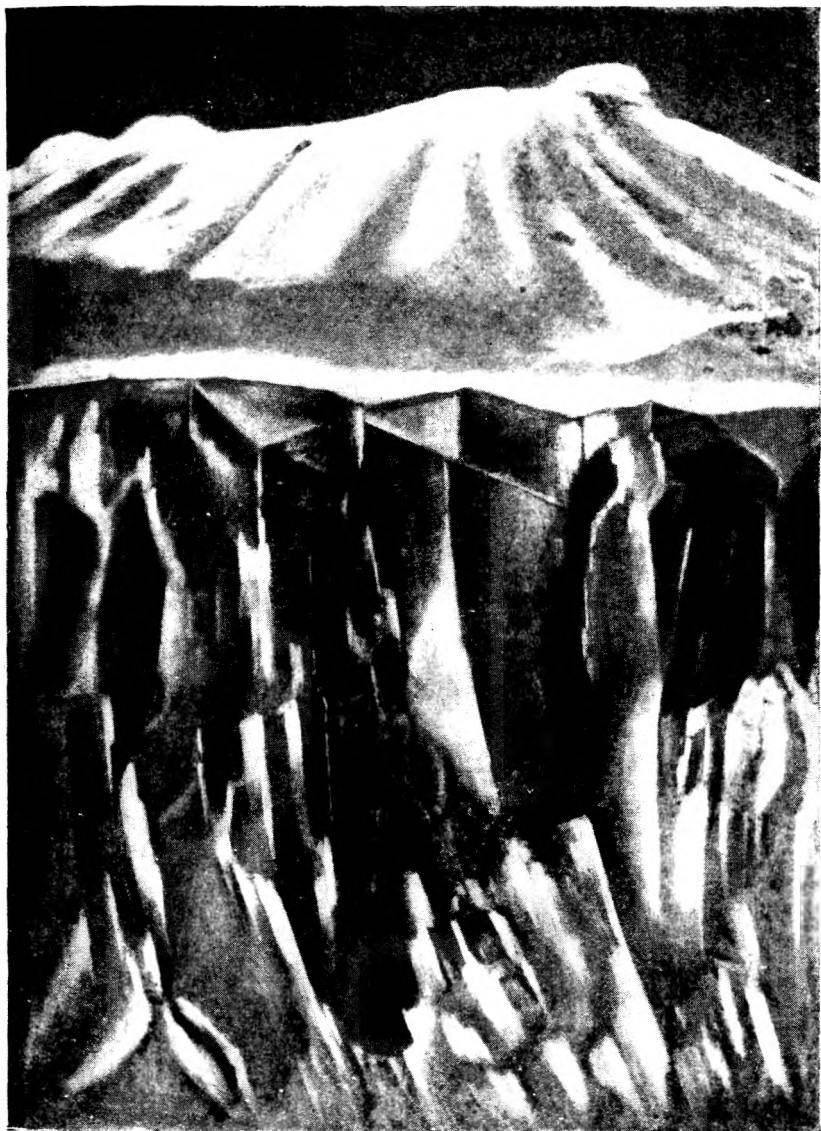


Рис. 136. Обрыв ледникового покрова Антарктиды у горы Эребус.

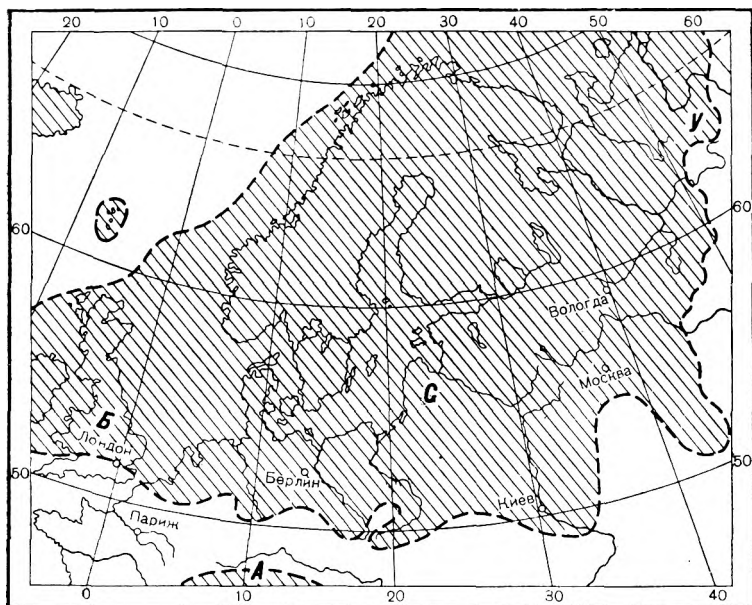


Рис. 137. Карта наибольшего оледенения Европы.

Ледники: А — альпийский; Б — британский; С — северный; У — уральский.

воды вытекали из-под льда и уносили с собой ил, песок, гальку, отлагая их постепенно в виде ледниково-речных отложений. Уровень их колебался — наибольший был летом, в разгар таяния, меньший — весной и осенью, наименьший — зимой. Поэтому летом эти речки широко разливались, затопляя большие площади, а зимой бежали в узком русле. Иные речки сначала долго бежали под льдом, в ледяном тоннеле, и отлагали свои наносы в виде длинных узких валов.

Постепенно продвигаясь на юг и покрывая все новые площади, опломный северный ледниковый покров, наконец, прекратил свое наступление, так как прибыль от выпадения снега на его поверхности уравновешивалась убылью по всей площади таяния. Это состояние равновесия продолжалось, вероятно, сотни или даже тысячи лет. Но затем убыль начала превышать прибыль, и ледник стал сокращаться, т. е. южный край его начал отодвигаться на север, освобождая местность, находившуюся долгое время под льдом. Она, конечно, представляла полную пустыню, ее поверхность была покрыта более или менее толстым слоем донной морены в виде глины или суглинка с заключенными в них мелкими и большими

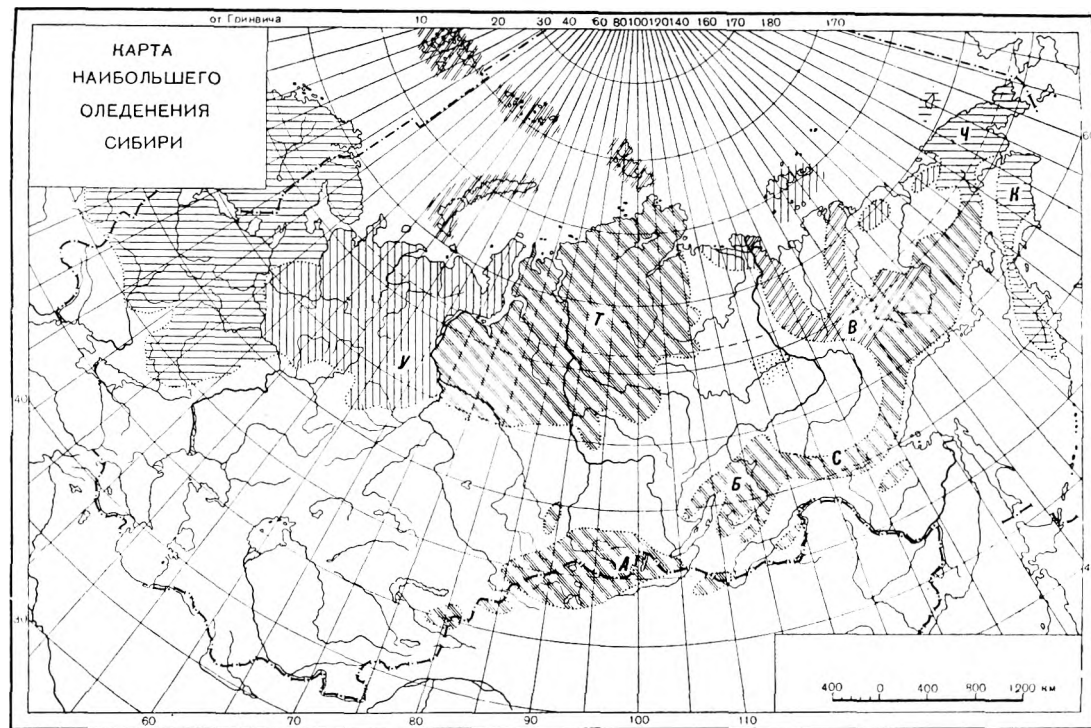


Рис. 138. Карта наибольшего оледенения Сибири.

(Карта В. А. Юбручева);

Ледники: У — уральский; Т — гаймырский; В — верхоянский; Ч — чуотский; К — корякско-на-
чатский; А — алтае-сайнский; Б — байкальский; С — становой.



Рис. 139. Ленточные глины, смятые подводным оползнем. Речка Черная близ Посолодино, Ленинградская область.

валунами; во впадинах, прежних долинах слой этой морены был толще, на возвышениях тоньше. На ее поверхности в виде валунов разной величины был рассеян вытаявший из льда материал внутренних морен. Кое-где тянулись в виде высоких узких валов, напоминающих насыпь железнодорожного полотна, отложения подледниковых речек; их называют озами. В других местах подледниковые речки выносили много песка и отлагали его у конца ледника в виде целых полей с неровной поверхностью. Такие песчаные площади называют зандами.

Конечные морены могли накапливаться только в случае продолжительной остановки отступления, что случалось время от времени. Из-под ледника теперь, ввиду усилившегося таяния, вытекало еще больше талой воды, чем во время наступания или равновесия. Эти ручьи и речки выносили свой материал из-под льда, но размывали также донную морену, по которой текли, разливались в половодье, сокращались зимой, отлагали ледниково-речные галечники, пески, глины. Во многих местах у конца ледника появлялись во впадинах озерки и озера, и выносимый из-под льда материал осаждался в них.



Рис. 140. Моренный ландшафт близ озера Данн-Гол, Монгольский Алтай.
(Фото В. В. Сапожникова, 1908)

Мелкие озера быстро заполнялись и исчезали, крупные существовали долго, и в них осаждался тонкий песок, ил, глина в виде так называемых ленточных глин и суглинков, в которых видно ясно чередование тонких слоев в 1—2 миллиметра и больше, разного цвета и состава. Это чередование объясняется тем, что летом, в разгар таяния, подледниковые воды, впадавшие в озеро, приносили более крупные частицы и в большом количестве, а зимой, при слабом таянии, количество их уменьшалось, сила переноса ослабевала, и они приносили в озеро только самую мелкую муть в виде тонкого ила или глины. Сосчитав, сколько таких ежегодных слоев в отложениях какого-нибудь озера, мы можем узнать, сколько лет оно существовало, пока не было заполнено осадком (рис. 139).

Шведский ученый Де-Геер потрудился пересчитать слои ленточных глин в целом ряде бывших озер Южной Швеции и нашел, что понадобилось 2000 лет для того, чтобы северный ледник отодвинулся с южного конца Швеции до Стокгольма на протяжении в 400—450 километров, что дает ежегодное отступление на 200—225 метров.

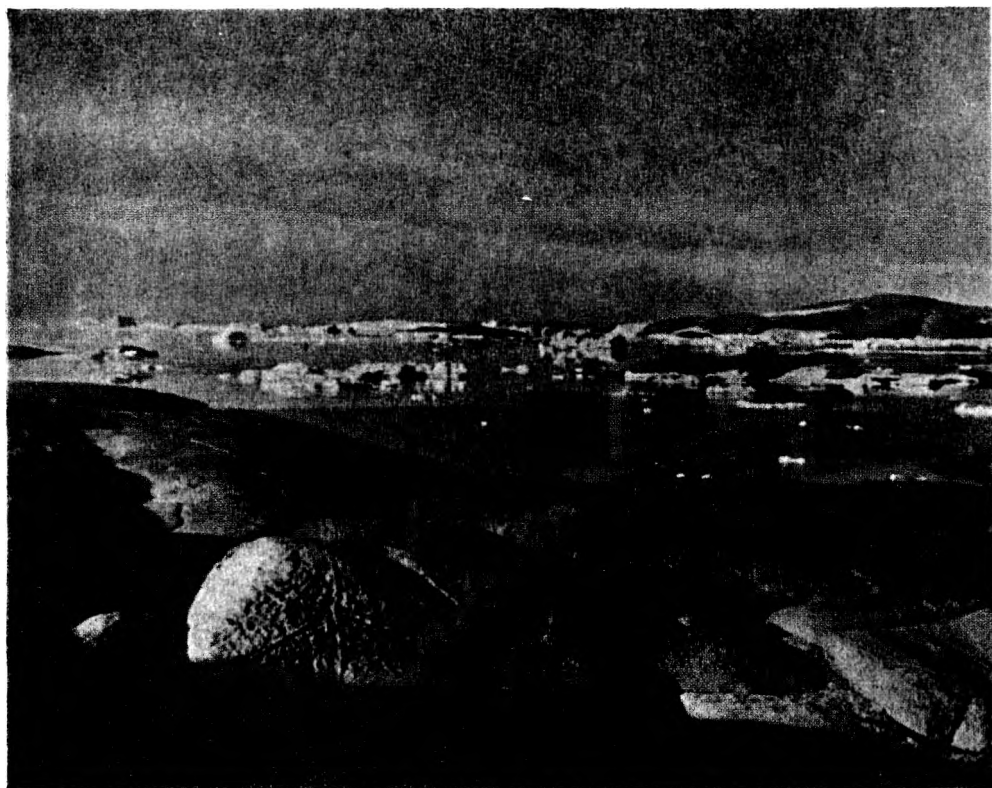
Сокращение ледника продолжалось, таким образом, многие тысячелетия, пока он отодвинулся от Курска до Москвы, затем до Ленинграда и Петрозаводска, потом освободил Финляндию, наконец Скандинавию и окончательно исчез. И чем дальше к северу, тем позже местность освобождалась из-под льда и тем ярче, явственнее те следы, которые оставил после себя ледниковый покров, потому что меньше времени работала текучая вода над уничтожением этих следов. Поэтому на севере, в Фин-

ляндии и на Кольском полуострове, наблюдателю кажется, что лед покинул эти места совсем недавно. Он видит гряды и кучи конечных морен, хотя уже покрытые травой, кустами, лесом, распаханные или застроенные, но все-таки очень характерные по своему рельефу, в виде холмистой поверхности с многочисленными впадинами, в которых покоятся озерки или болотца (рис. 140). В других местах он видит длинные озы (некоторые из них тянутся в Финляндии на десятки километров), или ровные площади донных морен, или песчаные поля зандр. Повсюду на поверхности рассеяны малые и большие валуны, оставленные ледником, и на них часто еще сохранились шрамы, борозды и даже полированные поверхности, созданные льдом. Эти валуны, оставленные льдом, называются э р р а т и ч е с к и м и, т. е. блуждающими (рис. 141).

А там, где твердые каменные породы выходят прямо на поверхность, можно увидеть, как их обработал ледник: все углы, выступы сглажены, округлены, и выход представляет так называемые курчавые скалы с округленными выступами и плоскими впадинами между ними (рис. 142). Отдельные курчавые скалы имеют характерный вид: с одной стороны, с которой на них надвигался лед, они сильно округлены, покрыты шрамами, отполированы и поднимаются полого, а с противоположной, где лед стекал с них, обработаны гораздо слабее, часто шероховаты и падают круто. Такие отдельные бугры называют бараньими лбами.

Совокупность таких форм — морен, впадин в них и между ними, оз, курчавых скал, бараньих лбов и эрратических валунов — представляет характерный л е д н и к о в ы й или моренный л а н д ш а ф т, ясно показывающий, что местность прежде была покрыта льдом. Такой ландшафт мы находим как на наших равнинах Севера, так и в горах, где прежде были ледники, — на Северном Урале, на Кавказе, в Карпатах, на многих горах Сибири.

Теперь мы знаем, как попали к нам валуны, рассеянные в таком большом количестве на наших равнинах. Эти валуны мешают пахать и косить, но они используются для мощения улиц на нашем Севере и в средней полосе — в областях Ленинградской, Новгородской, Калининской, Вологодской, Московской, в Белоруссии, вплоть до севера Украины, где твердые каменные породы не так часто выходят на поверхность и обычно не годятся для этой цели (они или слишком мягки и быстро истираются, или очень тверды и трудно обрабатываются). Между тем эрратические валуны, рассеянные повсюду на полях и попавшие при размыве в послеледниковое время в русла многих рек, представляют готовый материал для мостовых. Нужно только подбирать их по величине, а качество их хорошее: это



**Сглаженные ледником скалы гранита на островах Хасуэл в Антарктиде
близ станции Мирный**

(Фото Л. Д. Долгушина, 1957)



Рис. 141. Эрратический ледниковый валун. Долина реки Джеты-Огуз, Киргизская ССР.

(Фото Д. И. Щербанова)

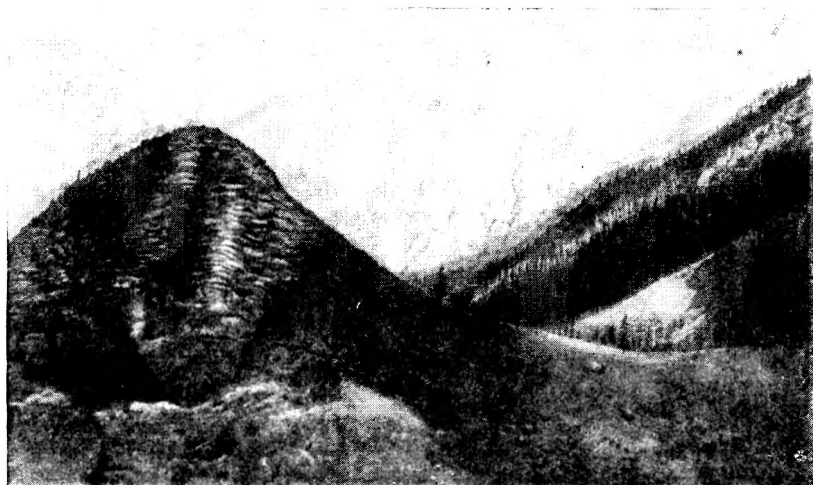


Рис. 142. Бараний лоб — сглаженная льдом огромная снала в устье долины реки Иедыгем, впадающей в долину реки Аргут, Алтай.

(Фото В. А. Обручева, 1914)



**Рис. 143. Моренный ландшафт верховья долины реки Тургени
в Терской-Алатау.**

(Фото Д. И. Щербакова)

в большинстве случаев достаточно твердые финляндские породы. Не будь этого материала, который приходилось только собирать и подвозить, все города Севера и средней полосы СССР или топили бы в грязи или довольствовались бы дорогими и непрочными деревянными мостовыми. Только в последние годы булыжные мостовые исчезли на главных улицах больших городов, уступая место более совершенным асфальтовым или брусчатым, но зато распространяются в колхозных поселках и небольших городах. А более крупные валуны, слишком большие для мостовых, широко применялись и применяются для устройства шоссе-ных дорог. Эти валуны собирают по полям, свозят к дорогам, дробят на щебень и усыпают им шоссе.

Таким образом, мы можем быть благодарны Великому северному леднику, который принес нам такую массу хорошего и дешевого материала из Финляндии и с Кольского полуострова и сам разбросал его повсюду.

Северный ледник принес нам не только валуны для мостовых. Продуктом оледенения является также лёсс (желтозем) Украины. Ледник как при наступании, так и при отступании создавал впереди своего конца пустыню в виде морен, зандровых песков и ледниково-речных отложений, не защищенных

растительностью от развевания. Ветры, дувшие с ледникового покрова, развевали эти рыхлые отложения и уносили на юг песок и пыль: песок образовывал барханы еще в пределах пустыни. Пыль уносилась дальше и осаждалась на степях, которые



Рис. 144. Поперечные разрезы долин речного (а, б, в, г) и ледникового (д) происхождения.

покрывали южную часть Русской равнины, постепенно накапливаясь и превращаясь в толщу лёсса. После исчезновения ледника климат изменился, сделался более влажным. Бывшая пустыня севера заросла лесами, но под ними во многих местах можно обнаружить пески, например в Полесье или в окрестностях Москвы. На сухих степях юга развились пышные травы и началось накопление перегноя, который превратился в чернозем, покрывающий лёсс и постепенно переходящий в последний. Следовательно, лёсс Украины — продукт прежней пустыни, образовавшейся по южной окраине ледникового покрова и, конечно, исчезнувшей вместе с последним.

Признаки оледенения. В то время, когда почти две трети Европейской части СССР были покрыты льдом, ледники существовали и на Северном и частью на Среднем Урале, где их теперь нет, за исключением нескольких маленьких на севере. На Кавказе и теперь еще много ледников, а прежде их было гораздо больше, и они выдвигались даже с гор на соседние равнины. В горах мы также можем судить о прежнем оледенении на основании характерного моренного ландшафта. Если мы пойдем в горы, в которых теперь нет ледников, но прежде они были, мы встретим сначала конечные морены на дне долин, обозначающие то место, до которого когда-то доходил ледник в эпоху наибольшего развития. Эти морены, конечно, давно уже заросшие, представляют одну или несколько гряд холмов, почти перегораживающих долину поперек, оставляя место только для русла реки, которая постепенно эту морену размывала. Между холмами — небольшие впадины, которые, как и беспорядочное распределение холмов в общей гряде, показывают, с чем мы имеем дело. Покопавшись на склоне холма (если нет естественного разреза его со стороны реки), мы убедимся, что он состоит из валунов разной величины, рассеянных в беспорядке в песке, суглинке или глине; на иных валунах мы найдем еще полировку и шрамы ледника.

Выше по долине мы можем найти еще одну или несколько таких конечных морен, образовавшихся в местах длительной остановки ледника при его отступании. А в промежутках, наверно, найдем валуны разной величины, иногда довольно высоко на склоне, и в этом случае можем даже определить, какой

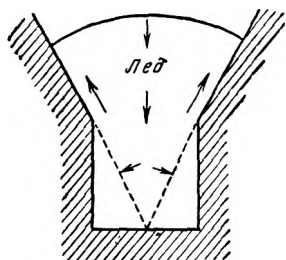


Рис. 145. Преобразование речной долины в ледниковую.

толщины достигал ледник. Кроме конечных морен, попадают и боковые, оставшиеся на склонах долины при сокращении ледника, но они сглаживаются или даже размываются водой, стекающей со склонов, и потому сохраняются реже или менее заметны, чем конечные. Иногда мы можем заметить и уцелевший бараний лоб, а на скалистом выступе на дне долины — курчавые скалы.

Подвинувшись к верховьям долины, мы встретим еще более ясные следы оледенения — более частые и лучше сохранившиеся конечные морены, которые иногда перегородивают долину и служат плотиной, за которой располагается озеро той или иной величины. Здесь и боковые морены сохранились лучше, а бараньи лбы и курчавые склоны попадают чаще. Мы увидим также, что долины заканчиваются более или менее крутыми склонами цирка, служившего фирновым бассейном, а на склонах под гребнями гор заметим кары — полуцирки, врезанные в склон, с плоским дном и крутыми боками; на дне их в иных случаях лежит озерко, отделенное конечной мореной или каменным порогом — ригелем — в устье кара. В этих карах еще долго после сокращения оледенения ютились небольшие ледники (см. рис. 133).

Весьма характерен также поперечный профиль долины, по которой двигался ледник. Долина, промытая рекой, в верховьях, в области размыва, имеет поперечный профиль в виде латинской буквы V или римской шестерки (а на рис. 144), т. е. узкое дно, занятое руслом, и более или менее крутые склоны. Ниже по течению, в области бокового размыва, долина расширяется и в поперечном разрезе имеет форму трапеции (б на рис. 144), а еще ниже, в области отложения, дно ее еще шире, а склоны положе (в, г на рис. 144). Долина, вмещавшая ледник, в поперечном разрезе имеет форму латинской буквы U (д на рис. 144) — более широкое, но вогнутое дно, выточенное льдом, и более крутые склоны, которые ледник постепенно подтачивал, унося также продукты выветривания, сыпавшиеся со склонов (рис. 145); эти осыпи в долине сглаживают крутизну склонов, скопляясь на нижней части их в виде делювия (рис. 146).



**Рис. 146. Троговая долина реки Тургени на северном склоне
Терской-Алатау.**



Рис. 147. Старая конечная морена в долине реки Кара-айры, Алтай.
(Фото В. В. Сапожникова)

Совокупность указанных признаков позволяет наблюдателю не только уверенно сказать, что в этой долине не так давно залегал ледник, но даже определить его длину по самым нижним из конечных морен, толщину льда по валунам, оставшимся на склонах, и приблизительную границу постоянного снега в эпоху оледенения по днищам кар, которые обычно располагаются на высоте этой границы. Наблюдатель может также сказать, сколько раз и в каких частях долины ледник останавливался за время своего отступления, — именно там, где сохранились конечные морены, — а по размерам последних может судить, была ли остановка долговременной или нет (рис. 147). Есть даже признаки, которые помогут выяснить, было ли оледенение нашей долины однократное или многократное. Этот вопрос мы теперь и рассмотрим.

Повторность и причины оледенений. После того как ученые хорошо проследили признаки прежнего обширного оледенения Европы, они мало-помалу собрали ряд доказательств, что это оледенение не было каким-то случайным явлением и что оно повторялось несколько раз, не только в современный геологический период, определяемый появлением человека на Земле, но и в предшествующие периоды, даже самые отдаленные.

В современный период оледенение повторялось в Европе четыре раза. Каждый раз ледники появлялись на севере Скандинавии, разрастались все больше и больше, покрывали Скандинавию и Финляндию, переходили в Северную Германию, Польшу, Литву, Латвию, Эстонию и в северную часть территории РСФСР, достигали наибольшего развития, останавливаясь на известной границе, затем начинали отступать, сокращались все больше и, наконец, исчезали на долгое время — до следующей эпохи оледенения. Поэтому в Европе различают четыре эпохи оледенения, которые получили названия, начиная с древнейшей: *гюнц*, *миндель*, *рисс* и *вюрм*. Промежуточные между ними эпохи называют межледниковыми, а эпоху, следовавшую за последней ледниковой, — послеледниковой.

Не в каждую из ледниковых эпох ледниковый покров достигал одних и тех же границ распространения. Считают, что ледник эпохи миндель был самый большой, ледники эпох *гюнц* и *рисс* были несколько меньше, а ледник эпохи *вюрм* был еще меньше. В пределах Русской равнины ледник эпохи миндель доходил на юге до Киева, Полтавы, Курска, ледник эпохи *рисс* кончался южнее Москвы, а ледник эпохи *вюрм* — на широте Москвы.

Вполне понятно, что следы, оставленные более древними эпохами, сохранились хуже, чем следы самой последней, потому что их постепенно сглаживали, размывали, даже уничтожали не только дожди и реки межледниковых эпох, но и ледник следую-

щей эпохи работал над ними — сглаживал, перекрывал своими моренами, размывал своими талыми водами. Поэтому нужны были очень тщательные исследования, чтобы выяснить границу более древних ледников, тогда как следы, оставленные ледником вюрма, сохранились достаточно хорошо. Его конечные и донные морены, озы, эрратические валуны прослеживаются отчетливо на Русской равнине от Москвы и севернее, а еще лучше в Финляндии и Карелии.

Ученые пытались подсчитать продолжительность ледниковых и межледниковых эпох и получили следующие числа, конечно, очень приблизительные, но все-таки дающие нам известное представление о том, сколько длились эти эпохи.

*Продолжительность ледниковых эпох
(в годах)*

Последледниковая эпоха	от 10 000 до 20 000
Оледенение эпохи IV (вюрм)	52 000
Межледниковая эпоха III	65 000
Оледенение эпохи III (рисс)	53 000
Межледниковая эпоха II	183 000
Оледенение эпохи II (миндель)	49 000
Межледниковая эпоха I	65 000
Оледенение эпохи I (гюнц)	49 000
<hr/>	
Всего около	600 000

Нужно еще заметить, что ледниковые эпохи не являлись непрерывными, а представляли значительные колебания климата; ледниковый покров то сильно сокращался (но не до полного исчезновения), то снова расширялся и наступал, т. е. прерывался неполными межледниковыми эпохами; поэтому в каждой ледниковой эпохе различают еще стадии наступания и сокращения. В эпохах гюнц и миндель насчитывают по две стадии наступания и по одной сокращения, в эпохе рисс — три стадии наступания и две сокращения и в эпохе вюрм — четыре стадии наступания и три сокращения. Эти сильные колебания ледникового покрова наиболее отчетливо прослеживаются, естественно, в последней эпохе (вюрм).

Около ста лет назад, когда впервые обратили внимание на эрратические валуны, рассеянные на полях Германии, Дании, Голландии, Англии, и убедились, что они состоят из каменных пород, слагающих Скандинавию и совершенно отсутствующих в тех странах, где эти валуны найдены (почему они были названы блуждающими), ученые пытались объяснить их принос пла-

вающими льдами. Они думали, что в начале современного периода море затопляло указанные страны, а течения приносили с севера айсберги, отрывавшиеся с ледников Скандинавии и содержавшие моренный материал. В более теплой южной части моря айсберги таяли, а включенные в них валуны падали на дно.

Эта гипотеза дрейфа, т. е. плавающих льдов, держалась в науке до 60—70-х годов прошлого века, когда некоторыми учеными, в том числе и русским географом и революционером Кропоткиным, была выдвинута гипотеза материкового оледенения. Эта гипотеза сначала казалась чудовищной, так как трудно было представить себе, что вся Европа до Лондона и Берлина прежде была покрыта ледником. Но постепенно такие факты, как морены, зандрсы, озы, бараньи лбы, курчавые скалы, которые гипотеза дрейфа объяснить не могла, заставили всех принять гипотезу оледенения.

Дальнейшие подробные наблюдения по всей Европе и Северной Америке вполне подтвердили ее, и из гипотезы она сделалась теорией. Но еще долго, почти до Октябрьской социалистической революции, признавая оледенение всей Европы и Северной Америки, ученые отрицали оледенение севера Азии, Сибири, считая, что климат ее для этого был слишком континентальный, бедный атмосферными осадками. Однако уже 70 лет назад тот же Кропоткин обнаружил в нескольких местах Сибири признаки оледенения и полагал, что и север Азии пережил ледниковый период. Только мало-помалу накоплявшиеся наблюдения заставили всех признать также оледенение Сибири.

Но причины оледенений до сих пор объясняются разными учеными различно. Мы не можем в этой главе подробно излагать и разбирать эти различные объяснения и ограничимся немногими.

Одни объяснения основаны на предположении, что прежде теплое течение Гольфстрим, приносящее Европе тепло из тропического пояса, не существовало или имело другое направление; другие объясняют оледенение прежней, более значительной высотой северных стран, в связи с чем на них осадки выпадали преимущественно в виде снега. Затем пытались объяснить меньшее согревание земной поверхности солнцем, периодическим увеличением содержания углекислого газа в воздухе вследствие усиленной деятельности вулканов. Другие, наоборот, приписывали оледенение недостатку углекислого газа вследствие поглощения его пышной растительностью каменноугольного и третичного периодов, которая законсервировала много углерода в пластах угля. Вулканической пыли, выбрасываемой в большом количестве в верхние слои атмосферы, также припи-



Конечная морена ледника правого верхнего притока реки Южный Музарт-Карагюль, берущего начало в высокогорном массиве Хан-Тенгри, Центральный Тянь-Шань. На переднем плане — мерзлотный бугор выпучивания.

(Фото Б. А. Федоровича)

сывали поглощение солнечного тепла и ослабление согревания Земли. Все эти гипотезы легко опровергаются по тем или другим соображениям.

Более обоснованы гипотезы, ищущие объяснения ледниковых периодов в данных астрономии. Так, совпадение наибольшего наклона земной оси и наибольшего эксцентриситета земной орбиты может создать для одного из полушарий (зима в котором бывает во время нахождения Земли в афелии, т. е. в наибольшем отдалении от Солнца) условия, благоприятствующие оледенению, — понижение годовой температуры и преобладание осадков в виде снега. По другим предположениям, перемещение положения земных полюсов, т. е. географических широт, может вызвать оледенение вокруг каждого из полюсов, подобно наблюдаемому теперь в Арктике и Антарктике. Далее, можно объяснить оледенение периодическим ослаблением солнечного излучения в связи с особым развитием солнечных пятен. Влияние последних на климат Земли установлено.

Наконец, предполагают, что наша Солнечная система, перемещаясь в пределах Вселенной, периодически проходит через районы, заполненные космической пылью, ослабляющей нагревание Земли Солнцем.

Все эти гипотезы имеют своих защитников и противников, но ни одна из них не может считаться доказанной, а некоторые, как особенное развитие солнечных пятен или прохождение через облака космической пыли, ни доказать, ни опровергнуть нельзя.

Заметим, что Земля переживала эпохи оледенения не только в современный геологический период, так называемый четвертичный, но и в более отдаленные. Некоторые из них твердо установлены по ископаемым ледниковым отложениям, открытым в таких теплых странах, как Южная Африка, Индия и Австралия, которые в четвертичный период оледенению не подвергались. Это еще более усложняет вопрос о причинах оледенения, так как опровергает очень распространенное мнение о том, что в прежние геологические периоды Земля получала гораздо больше тепла от Солнца, имела равномерный климат от полюсов до экватора, и только постепенно климат, все ухудшаясь и ухудшаясь, привел к эпохам оледенения.

Будем надеяться, что со временем наука все-таки разгадает и великую загадку причины оледенения, как разгадала уже много других загадок, касающихся истории Земли.

В сущности и та эпоха, в которой мы живем, заслуживает еще в известной степени названия ледниковой, в особенности если сравнивать ее с некоторыми эпохами третичного периода, предшествовавшего современному. Ведь и сейчас как в Арктике, т. е. вокруг Северного полюса, так и в Антарктике, вокруг Южного полюса, большие пространства покрыты льдом и дают

нам достаточно ясную картину того, что представляла собой Европа в ледниковые эпохи.

В Арктике огромный ледниковый покров скрывает почти всю Гренландию, кроме узкой прибрежной полосы этого большого острова. Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, остров Беннета, острова Северной Земли, северный из островов Новой Земли, Североамериканский архипелаг также покрыты большими ледниками, и многие из них доходят до берега моря и являются источником айсбергов, плавающих ледяных гор. Эти ледники движутся, как ледники в горных долинах, о которых мы говорили, потому что их питает снег, выпадающий на их поверхность почти круглый год. Язык ледника спускается в море, и время от времени от него отламываются крупные глыбы, которые и представляют собой айсберги. Ветры и морские течения уносят айсберги, которые тают очень медленно, пока не попадут в более теплые моря.

Антарктида представляет собой целый материк, сплошь покрытый очень толстым ледниковым щитом, из которого только кое-где проглядывают более острые вершины отдельных гор и целых хребтов. Лед во многих местах спускается отвесной высокой стороной в море и дает начало многочисленным айсбергам, нередко представляющим целые горы столовой формы, которые разносятся течениями далеко на север.

А между тем на северных островах в разных местах найдены остатки растений третичного периода, которые доказывают, что в то время острова не только не были покрыты льдом, но были заняты лесами таких деревьев, которые в настоящее время растут в теплом климате на юге Европы.

VII

ПРОДУКТЫ ЗЕМНЫХ НЕДР

Теплота земной коры. Изверженные горные породы. Что такое магма. Вулканы. Ход извержения и его продукты. Типы вулканических извержений. Распределение вулканов на Земле. Древние вулканические области. Фумаролы и гейзеры. Извержения на глубине. Типы изверженных горных пород. Вред и польза вулканов.

Уже первобытному человеку было известно, что во многих местах из отверстий в земле или на горах выходит огонь, и это явление, естественно, связывалось с существованием на глубине каких-то могущественных или злых существ. Древние культурные народы перенесли в недра Земли местопребывание душ умерших. Они представляли его себе в виде подземного царства, которое у евреев и христиан превратилось в ад — место мучения грешников. Властителя преисподней римляне называли Плутоном, а греки — Аидом или Гадесом; его сначала считали врагом всего живущего. Римляне, звавшие извержение вулканов на Липарских островах, вулкана Этна в Сицилии и других, считали эти вулканы трубами подземных кузниц Вулкана, бога огня, кузнечного и плавильного искусства, а также бога пожаров, поэтому храмы этого бога строили вне городов.

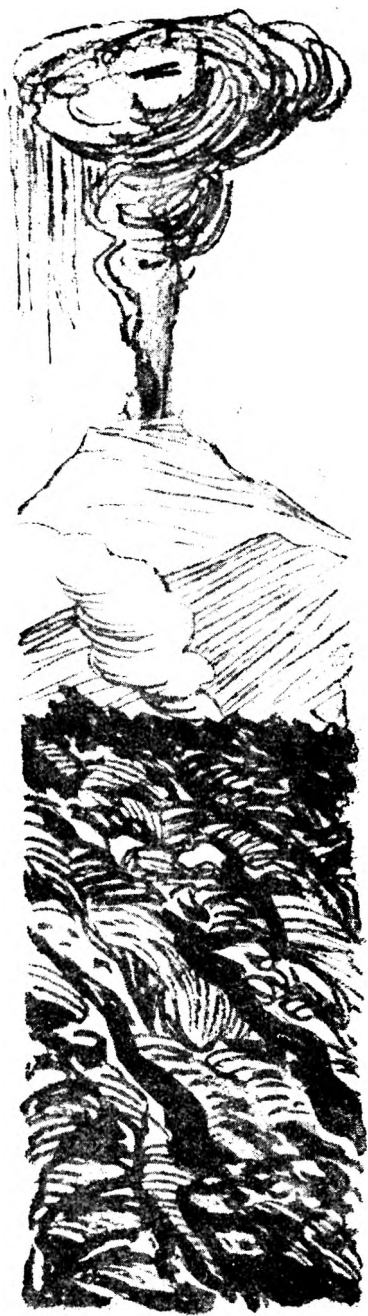




Рис. 148. Вулкан Ключевская сопка, Камчатка.

Горы, извергающие огонь, дым и мелкие обломки пород и изливающие лаву — расплавленную каменную породу, поэтому получили название вулканов.

Теплота земной коры. Вулканы доказывают нам, что в земной коре на какой-то глубине температура так высока, что горные породы находятся там в расплавленном состоянии.

Наблюдения в шахтах и буровых скважинах также показали, что с углублением в земную кору температура заметно повышается. В одних местах это повышение происходит быстрее, в других медленнее; в среднем оно определено в 1 градус на каждые 33 метра.

Число метров, на которое необходимо опуститься вертикально в глубь земли, чтобы температура горных пород повысилась на 1 градус, называется геотермической ступенью.

Если принять ее среднюю величину в 33 метра, то легко сосчитать, что на глубине 10 километров температура будет уже на 300° выше, чем на поверхности, а на глубине 40 километров достигнет 1200° Ц, т. е. на этой глубине большинство горных пород должно находиться в расплавленном состоянии. Впрочем, полагают, что с глубиной величина геотермической ступени должна увеличиваться, т. е. температура плавления горных пород может быть достигнута только гораздо глубже. Кроме того, на глубине сильно увеличивается давление, что повышает также точку плавления горных пород. Поэтому вероятно, что и на большой глубине породы еще не расплавлены,

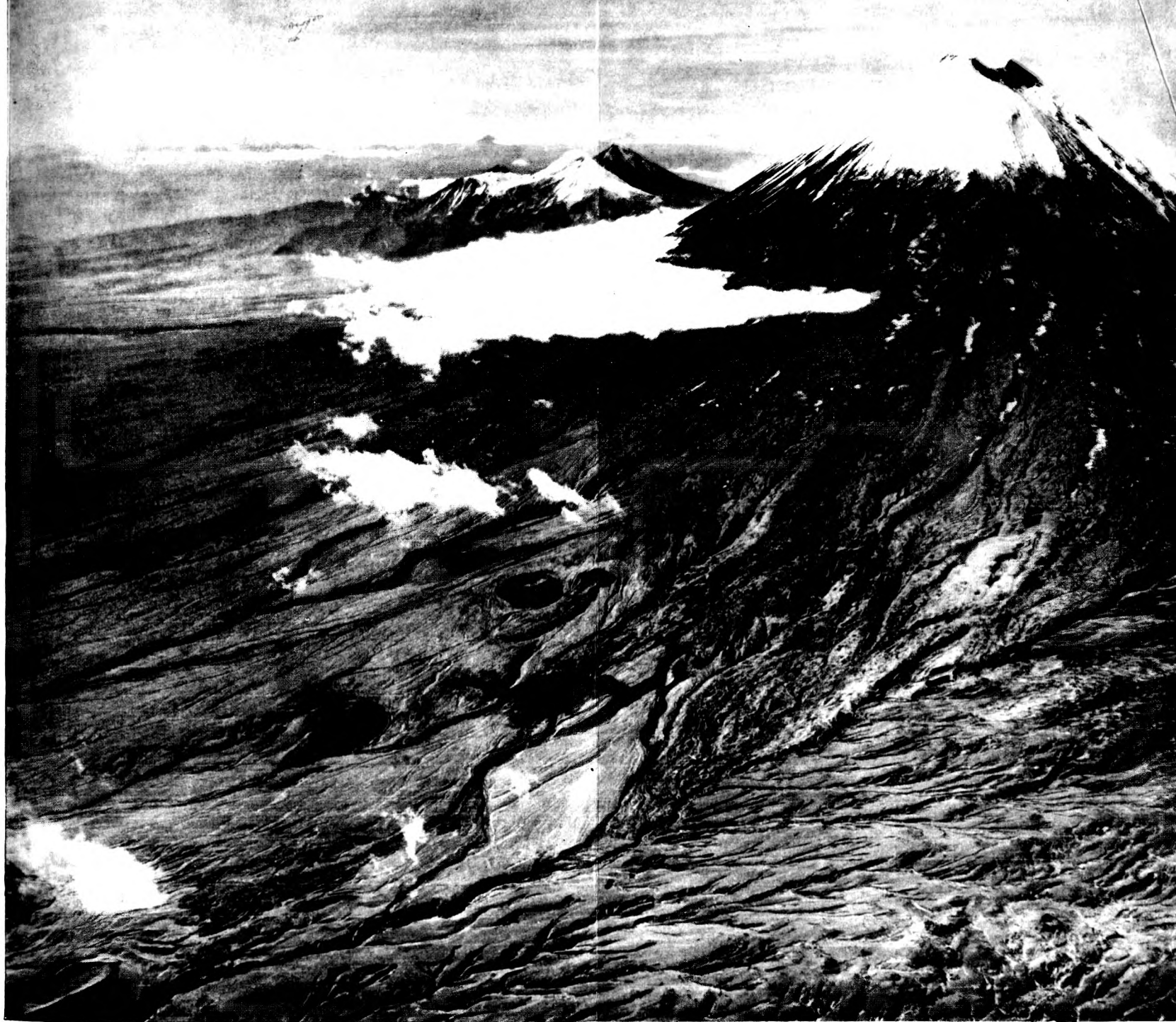


Рис. 149. Ключевская сопка. Образование боковых конусов — наиболее обычная форма современных извержений сопки. На заднем плане — панорама намчатских вулканов.

(Снимок с самолета. Фото Лаборатории аэрометодов АН СССР)

хотя и имеют температуру выше точки плавления. Но при резком ослаблении давления эти породы сразу могут расплавиться. Вулканы в качестве отверстий, соединяющих земные недра с поверхностью, при извержениях могут создавать такое ослабление давления на глубине, которое вызывает переход горных пород в расплавленное состояние.

Изверженные породы. Магма. Изучение горных пород, находившихся прежде на большой глубине, а теперь очутившихся у земной поверхности, показывает, что среди них есть породы, которые прежде, несомненно, были в расплавленном состоянии, а потом затвердели. Все такие породы называют изверженными, так как они когда-то извергались, массивными, потому что они лишены того наслоения, которое характерно для осадочных пород, а также магматическими, потому что они произошли из магмы. Греческое слово «магма» значит «тесто», и им называют горные породы, находящиеся в недрах Земли в расплавленном состоянии.

Магма содержит не только минеральные вещества, но также и воду в виде пара и различные газы. Это доказывают как непосредственные наблюдения над действующими вулканами и анализы их выделений, так и изучение изверженных пород разного возраста, в которых анализы также обнаруживают содержание воды и разных газов, а под микроскопом видны пузырьки, содержащие воду и газы и включенные внутри зерен минералов.

Вулканы. Извержения вулканов составляют одно из самых грозных и величественных явлений природы, которое ни предотвратить, ни регулировать и обезвредить человек еще не может. Не все вулканы извергаются одинаково, и наблюдения показали, что имеется несколько основных типов извержений. Познакомимся сперва с самым распространенным типом, а потом вкратце расскажем и об остальных.

Но сначала нужно сказать, что вулканы делятся на действующие и потухшие и древние. Действующими называют те, которые производят извержения в наши дни или производили их в историческое время, а потухшими считают те, о деятельности которых у людей не сохранилось никаких сведений. Но последние правильнее называть уснувшими или временно потухшими, потому что мы знаем уже несколько примеров, когда вулканы, считавшиеся потухшими, неожиданно начинали действовать, как Везувий в 79 году нашей эры и Моп-Пеле (Лысая гора) на острове Мартиника в 1902 году. Только вулканы, которые уже сильно разрушены и размыты, что доказывает их бездействие в течение многих тысяч лет, можно считать окончательно потухшими. Такие вулканы называют также древними.

Форма вулкана. Большинство вулканов имеет форму отдельной горы в виде усеченного или острого конуса (рис. 148—149). На вершине конуса находится более или менее глубокая впадина, называемая кратером; она имеет в плане овальную или круглую форму и достигает в поперечнике от нескольких десятков метров до 2—3 и более километров. Стены кратера уходят в глубь вулкана круто или отвесно. На дне его можно различить одно или несколько отверстий, представляющих жерла каналов, которые соединяют недра вулкана с кратером (рис. 153) и во время бездействия вулкана или ослабления его деятельности более или менее закупорены застывшей лавой. Кратер нередко даже превращается в озеро. Вулканическая гора обычно целиком сложена из продуктов извержений. На ее склонах часто видны затвердевшие потоки лавы разного возраста, а иногда второстепенные менее крупные кратеры, которые также производили извержения; их называют паразитическими. Вулканы то поднимаются порознь на большом расстоянии друг от друга, то образуют целые цепи или группы в той же местности, причем отдельные вулканы цепи или группы действуют в разное время и с различной силой, а некоторые давно уже бездействуют.

Ход извержения. Действующие вулканы не производят извержений все время и с одинаковой силой. Хотя каждый вулкан имеет свои особенности, но в общем деятельность его то ослабевает, то усиливается, так что можно говорить о пароксизмах, т. е. вспышках деятельности, которые имеют различный характер и разную продолжительность даже у одного и того же вулкана. В промежутках между пароксизмами, которые могут продолжаться от нескольких дней до целых столетий, одни вулканы совершенно замирают, кажутся **потухшими**, другие чуть-чуть дымят с перерывами, третьи выделяют регулярно много дыма и по временам выбрасывают камни и пепел, что нужно считать слабыми пароксизмами, четвертые спокойно изливают лаву.

Пароксизм извержения начинается появлением выделений дыма у вулканов, совсем бездействовавших, и усилением их у других. Ему предшествуют или сопутствуют более или менее заметные землетрясения, т. е. содрогания земли в ближайших окрестностях вулкана, а также исчезновение источников воды в этих окрестностях, или уменьшение их дебита, или изменение их состава. Эти содрогания показывают, что в глубине под вулканом происходят смещения пластов земной коры, образование новых трещин или возобновление старых под напором накопившихся газов и паров, которые ищут выхода на поверхность. Дым из кратера поднимается более или менее толстым столбом и в зависимости от состояния погоды или сразу же



Рис. 150. Камбальная сопка (2160 м), вид с юга. Вулкан с гладкими, почти нетронутыми эрозией склонами; на склоне — обширное лавовое плато.
(Снимок с самолета. Фото Лаборатории агрометодов АН СССР)





Рис. 151. Извержение Везувия с линией (1822 г.).



Рис. 152. Извержение Авачинской сопки 25 февраля 1945 г. Видно образование плотных клубов пара тающего снега после обрушения на склон горячих лавин.

(Бюллетень Вулканологической станции, № 17, 1953).

отклоняется ветром в ту или другую сторону, превращаясь в тучу, или достигает высоты нескольких километров и затем расплывается во все стороны; такой столб дыма имеет форму итальянской сосны — пинии, почему называется пиниеобразным (рис. 151). Столб состоит из черного дыма и из белых паров, причем иногда преобладает дым, а иногда пары. Дым состоит из мельчайших частиц горных пород, которые под напором паров и газов отрываются от лавы, находящейся еще в глубине вулкана, и быстро остывают. Эти частицы и составляют в

- капический

 пепел, который начинает сыпаться на склоны вулкана или на его окрестности из дымовой тучи, в зависимости от того, куда ее повернул ветер. Пепел в виде черного, серого или белого мелкого песка выпадает иногда слоем такой толщины, что под его тяжестью обрывается не только листва, но и ветки деревьев, и продавливаются крыши домов и, конечно, вся растительность садов и огородов гибнет.

Водяной пар, скопляясь в виде туч над вулканом, наконец, разражается ливнями, сопровождаемыми сильными грозами (так как частицы пепла при движении в воздухе заряжаются

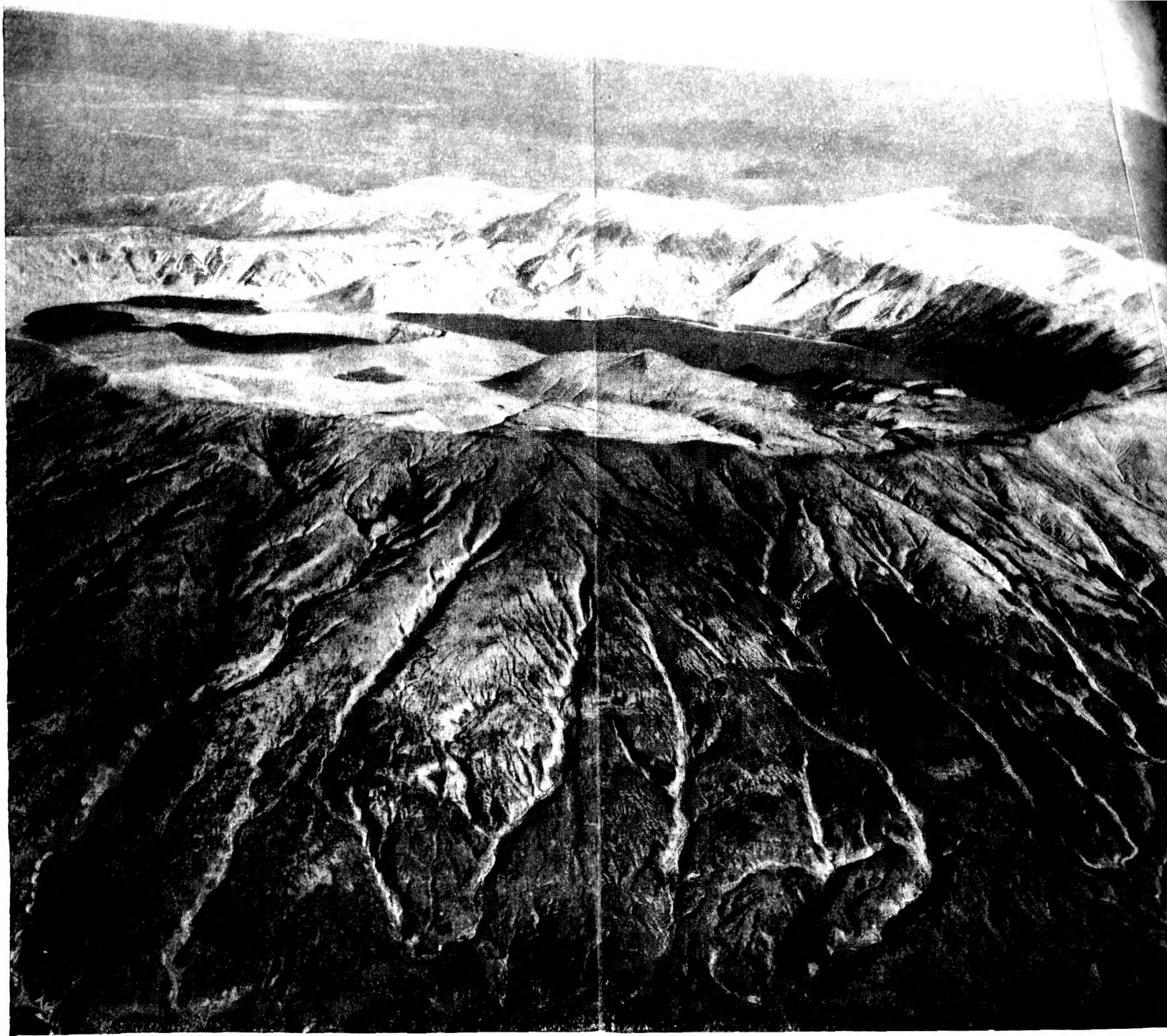


Рис. 153. Вулкан Кеудач (Штюбеля) (893 м) на Камчатке; круглая чаша кальдеры диаметром 7 км образовалась на месте вершины громадного вулкана, диаметр которой превышал 20 км.

положительным, а капли воды — отрицательным электричеством). Дождь очищает воздух от пепла, а на склонах вулкана захватывает и пепел, выпавший ранее, и создает потоки грязной воды, вернее, даже грязи, переполненной щебнем и глыбами, смытыми со склонов вулкана. Эти потоки мчатся вниз и производят сильные опустошения на своем пути. Из-за быстрого движения они даже опаснее потоков лавы.

Вместе с пеплом, в особенности при усиленном выделении дыма, из кратера выбрасываются более грубые материалы — вулканический песок, лапилли и бомбы. Лапилли — это застывшие в воздухе мелкие куски лавы не больше грецкого ореха; более крупные куски лавы называют бомбами. Бомбы, оторванные от лавы еще в горячем состоянии, при полете приобретают скученные формы, иногда в виде кусков толстого каната. Песок, лапилли, бомбы и обломки более древних пород, оторванные от стенок канала, сыплются более или менее густо на склоны вулкана и составляют главную опасность для людей, которые захотели бы подняться на вулкан во время извержения.

Выделения из кратера все усиливаются, и, наконец, — иногда с явлениями сильного взрыва, — в кратере поднимается лава, заполняет его и переливается через самое низкое место его верхнего края в ту или другую сторону, образуя поток, который течет медленно по склону вулкана, иногда достигая подножия, а иногда заканчиваясь на склоне — в зависимости от количества и состава лавы.

Излиянием лавы пароксизм вулкана обычно заканчивается. Выделение дыма и газов быстро или постепенно ослабевает, и через некоторое время вулкан возвращается к тому состоянию, в котором находился до пароксизма, т. е. или замирает совсем или продолжает более или менее слабо дымить.

Продукты извержений являются газообразными, жидкими и твердыми. Кроме водяного пара, составляющего существенную часть газообразных выделений вулканов, в последних, как показали анализы, находятся элементы: водород, хлор, сера, азот, кислород и углерод. Углерод участвует в виде углекислого газа, окиси углерода и метана (углеводорода), а другие газы или в элементарном виде или в виде соединений — хлористого водорода, сероводорода, сернистой и серной кислоты (безводной), аммиака, хлористого и углекислого аммония. Водяной пар и газы выделяются не только из кратера вулкана, но и на склонах последнего и на свежензлившихся потоках лавы в виде так называемых фумарол, которые в разных местах вырываются с шумом и свистом из трещин и отверстий в виде облачков пара, распространяя удушливый запах хлора, серы и аммиака.

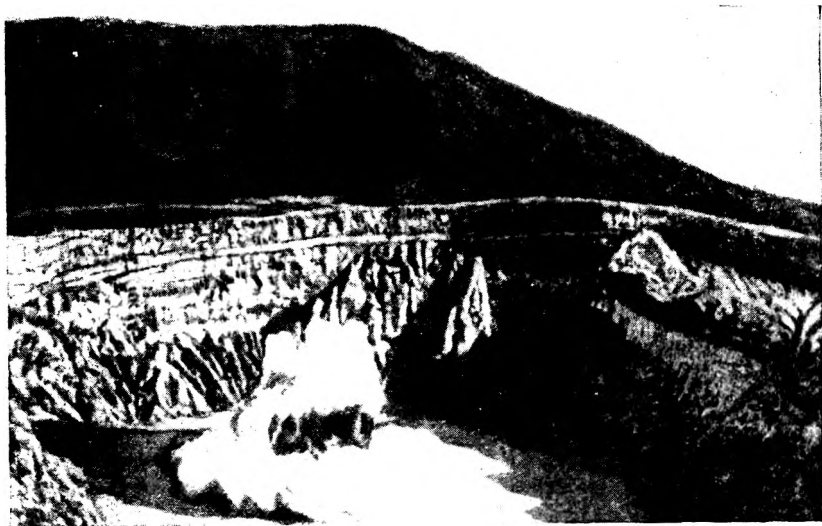
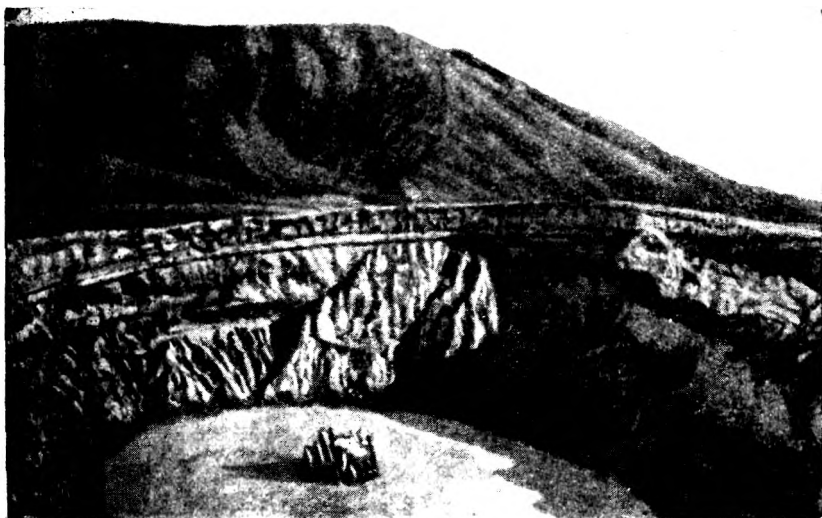


Рис. 154. Кратер вулкана Поа с гейзерообразным извержением, Коста-Рика, Центральная Америка (наверху — в спокойном состоянии, внизу — в момент извержения гейзера).



Рис. 155. Вулкан Крашенинникова (Камчатка). Состоит из двух вулканов (Северного и Южного). Из вершины Северного поднимается молодой вулкан.
(Снимок с самолета. Фото Лаборатории аэрометодов АН СССР)

Эти фумаролы выделяются в кратерах и на склонах вулканов и в промежутках между извержениями, а из потоков лавы только короткое время, пока лава не остынет.

Твердыми продуктами извержений являются вулканические пепел, песок, лапилли и бомбы; они состоят или из отдельных

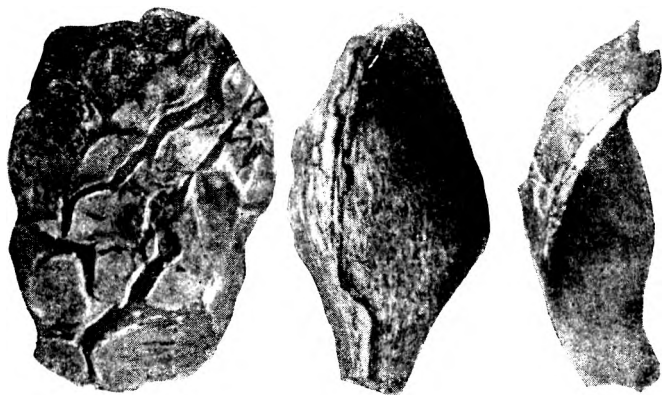


Рис. 156. Бомбы — хлебообразная, грушевидная и закрученная
Первая слева — вулкан Мон-Пеле.

минералов, входящих в состав лавы (пепел и песок) и представляющих результат распыления лавы напором газов и паров, или из кусочков и кусков лавы, оторванных этим напором и застывших в полете по воздуху (лапилли и бомбы). Состав этих твердых продуктов тот же, что и состав лавы данного извержения. Часть твердых продуктов может состоять и из пород, слагающих стенки канала, ведущего к жерлу вулкана, и оторванных от них газам и парам.

Жидким продуктом является лава, изливающаяся из вулкана, что бывает не при всяком извержении; последнее иногда ограничивается выбросом твердых и газообразных продуктов. Лава по своему составу бывает более вязкая, содержащая больше кремнезема, и более жидкая, с меньшим его содержанием. Первая в связи со своей вязкостью движется медленнее и образует на склонах более короткие и мощные по толщине потоки; они состоят из глыб разной величины, на которые разламывается кора, затвердевающая на поверхности движущегося еще потока. Такая лава называется глыбовой. Менее кремнеземистая лава, более жидкая, течет быстрее и застывает не глыбами, а волнами, которые при быстром течении набегают друг на друга. Такая лава называется волнистой.

Нужно отметить, что один и тот же вулкан при разных

извержениях может изливаться лаву разного состава, то глыбовую, то волнистую, но такие смены происходят не часто. Другие же вулканы состава лавы не меняют.

Пепел и песок, выпадающие из вулкана на его склоны и окрестности, сначала представляют очень рыхлую массу, но постепенно слеживаются, уплотняются и превращаются в твердую горную породу, которая называется вулканическим туфом. Если пепел падает в воду озера или моря, при смещении его частиц с частицами песка, глины, известкового ила, приносимыми в тот же бассейн, получается порода смешанного вулканического и осадочного состава, которую называют туффитом.

В состав туфа, образовавшегося на склонах вулкана или в ближайшем его соседстве, нередко входят лапилли или бомбы, выброшенные во время извержения; если таких более грубых составных частей много, то туф переходит в вулканическую рекчию.

Типы извержений. Мы уже упоминали, что не все вулканы производят извержения одинакового характера. Наблюдения над вулканами в разных странах позволили установить следующие основные типы извержений.

1. Гавайский тип отличается отсутствием обильных выделений газов и паров, а в связи с этим также и отсутствием пепла, лапилли и бомб. Лава очень жидкая и вытекает более или менее постоянно и спокойно, почти без взрывов. Этот тип извержения свойствен вулканам Гавайских островов Тихого океана, особенно вулкану Килауэа. Этот вулкан имеет огромный плоский кратер, представляющий собой целое озеро жидкой лавы, из которого выделяются в небольшом количестве пары и газы, вызывающие лавовые фонтаны. Лава волнистая.

2. Тип Стромболи. В вулканах этого типа лава также жидкая, но выделяется много газов, обуславливающих сильные взрывы с выбрасыванием бомб, но не пепла. Бомбы крученые и грушеобразные. Лава волнистая. Характерна для вулкана Стромболи в Средиземном море, по имени которого этот тип назван.

3. Тип Вулькано. Лава более вязкая и поэтому часто закупоривает канал; вследствие этого при извержении происходят взрывы накопившихся газов и паров и обильное выбрасывание пепла, лапилли и бомб. Последние ввиду вязкости лавы не крученые, а «хлебного» типа; они представляют глыбы с растрескавшейся коркой, как у каравай хлеба. Потоки лавы редкие и необильные, не растекаются широко. Лава глыбовая. Этот тип свойствен вулканам Вулькано в Средиземном море и отчасти Везувию в Италии.



Рис. 157. Гигантская бомба типа «хлебной корки» на склоне конуса Эбеко на острове Парамушир, Курильские острова.

(Фото Н. К. Классова, Бюллетень Вулканологической станции, № 22, 1954)

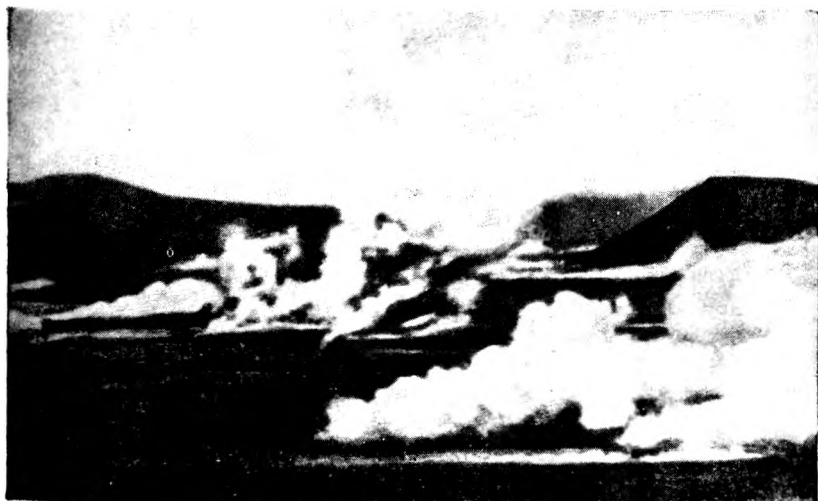


Рис. 158. Часть долины «Десять тысяч дымов» на Аляске.



Рис. 159. Волнистая лава, Камчатка.
(Фото Ю. Желубовского)

4. Тип Пелеевский. Лава очень вязкая, застывает еще в жерле и не дает выхода газам и парам; последние, накопившись, производят сильнейшие взрывы и вырываются сразу огромной тучей, которая состоит из сильно сжатых раскаленных газов, паров, пепла, лапилли и глыб, которые мчатся вниз по склону вулкана с громадной быстротой, уничтожая все живое на своем пути. Одновременно туча разрастается вверх огромным кудрявым столбом. Такие тучи называют п а л я щ и м и. Под напором газов застывшая, но еще раскаленная лава выталкивается из кратера подобно пробке, образуя иглу или обелиск, который довольно быстро разрушается отпадением обломков и оседанием в кратер. Этот тип впервые наблюдался при извержении вулкана Мон-Пеле, или Лысой горы, на острове Мартиники, уничтожившем палающей тучей в несколько минут город

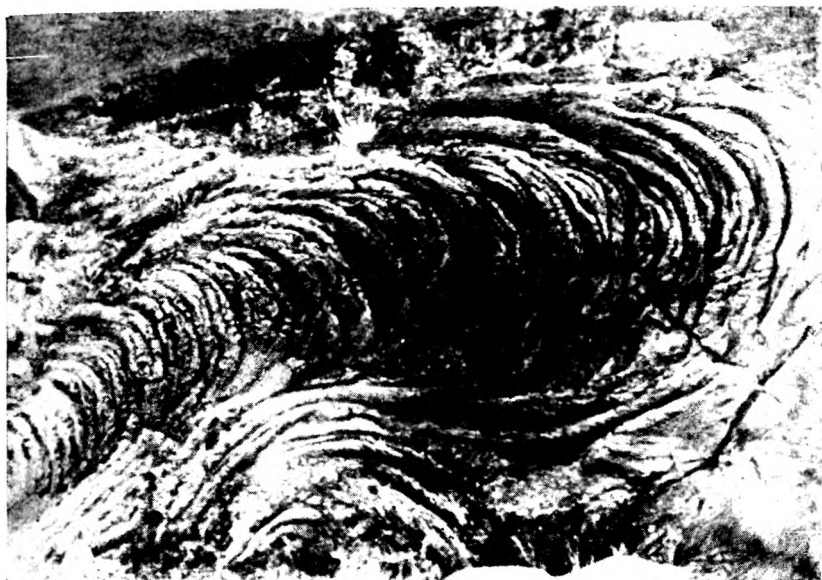


Рис. 160. Поверхность потока волнистой лавы вулкана Толбачик, Камчатка.

(Фото Ю. Желубовского)

Сен-Пьер с его 26 000 жителей. Но позже его наблюдали и при извержении некоторых других вулканов.

5. Тип Б ан дай са н. Очень вязкая лава, не дающая выхода газам и парам, под напором которых, наконец, происходит взрыв всего вулкана и выбрасываются массы старой, давно застывшей лавы. Свежая лава на поверхность не поднимается. Этот тип впервые обнаружен при извержении вулкана Б ан дай са н в Японии, разрушившем значительную часть его. Вероятно, что страшное извержение вулкана Кракатау в 1883 году возле острова Ява, при котором половина вулкана провалилась в море, принадлежало к этому же типу.

Необходимо заметить, что один и тот же вулкан не всегда производит извержения по одному типу; только крайние типы — гавайский и Б ан дай са н, по-видимому, являются постоянными для определенных вулканов, тогда как извержения трех средних типов могут происходить у одного и того же вулкана. Так, Везувий в последний раз извергался сначала по типу Стромболи, а затем по типу Вулькано и даже выбросил палящую тучу пелейского типа. Вероятно, извержение Везувия в 79 г. нашей эры, погубившее в короткое время город Помпею, принадлежало к



Рис. 161. Трещина Эльдгия на острове Исландия.

пелейскому типу. Это изменение типа, очевидно, связано с изменением состава лавы, которое с течением времени может происходить у одного и того же вулкана.

Действующие вулканы на Камчатке и на Курильских островах, единственные в СССР, принадлежат, насколько известно, к типам Стромболи и Вулькано.

Все эти типы вулканических извержений приурочены к вулканам, имеющим канал, по которому газы и магма выходят на поверхность, т. е. к определенному центру. Поэтому их называют *центральными* и им противопоставляют извержения *трещинные*, при которых газы и лавы вырываются из трещины в земной коре, имеющей более или менее значительную длину и представляющей разлом, идущий на большую глубину. Примеры трещинных излияний наблюдались в Исландии из трещин Лаки и Эльдгия и других, достигавших в длину 30—40 километров и давших громадную массу лавы, разлившейся по окрестностям.

В связи с трещинными излияниями надо сказать о *потоках* лавы. Лава, вытекающая из кратера, редко бывает настолько жидкой и подвижной, что достигает горизонтальной поверхности у подножия вулкана, где должна разливаться во все стороны. По склону лава течет вниз и образует застываю-

ний поток, длинной иногда в несколько километров, редко больше 10—15, по ширинной только в десятки метров, толщиной до 20 метров, редко больше. На более пологой поверхности лавовый поток достигает ширины в 1 километр и больше. На горизонтальной поверхности жидкая лава разливается во все стороны и образует покров, который может занимать очень значительную площадь и достигать большой мощности, как показывают некоторые древние вулканические районы, где лава изливалась главным образом из трещин.

Количество продуктов извержений колеблется очень сильно даже для одного и того же вулкана в разное время его деятельности. Оценка этой продукции показала, что наибольшее количество ее доставляют вулканы, извергающиеся очень редко, тогда как вулканы, действующие часто, дают каждый раз немного продуктов извержения. Чтобы дать об этом понятие, приведем некоторые цифры:

*Количество продуктов извержения
(в кубических километрах)*

Название вулкана	Годы	Количество лавы
Трещина Лаки в Исландии	1783	12,5
Этна в Сицилии	1669	0,98
Этна в Сицилии	1879	0,57
Мауна-Лоа, Гавайские о-ва	1880	0,45
Мауна-Лоа, Гавайские о-ва	1907	0,15
		Количество рыхлых продуктов
Вулкан Тамбора на острове Сумбава	1915	30
Санта-Мария, Гватемала	1902	более 4
Лаки в Исландии	1783	2—3

В общем считают, что с 1500 года всеми вулканами Земли извергнуто до 300 куб. километров рыхлых продуктов и только до 50 куб. километров лавы.

Распределение потоков лавы на склонах вулкана обычно бывает очень неправильным в зависимости от состояния стенок кратера и расположения наиболее низкого места его бортов, через которые переливается лава. Эта выемка может в течение ряда лет оставаться на том же месте, и потоки лавы будут изливаться всегда на ту же часть склона; сильный взрыв при выбросе рыхлых продуктов может сразу создать новую выемку, и лава потечет на другую часть склона. Кроме того, лава нередко вытекает не из главного кратера, а из паразитического на склоне. В этом случае поток может достигнуть населенных пунктов и культурных площадей, расположенных у подножия вулкана, очень редко достигаемых потоками из главного кра-

тера, которые успевают затвердеть еще на склоне. Так, при извержении Этны в 1928 году лава из паразитического кратера на восточном склоне пересекла железную дорогу, проложенную по подножию этого вулкана, и залила улицы, дома и сады двух селений.

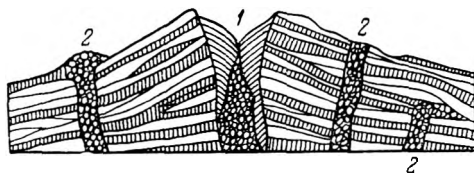


Рис. 162. Разрез конуса вулкана, сложенного из толщ туфов и потоков лавы, прорванных каналами главного (1) и паразитических (2) кратеров.

Состав вулканического конуса зависит от состава продуктов извержений. Вулканы, изливающие только лаву, как Гавайские, состоят исключительно из наслоенных друг на друга потоков лавы разного возраста. Большинство же вулканов состоит из переслаивающихся потоков лавы и слоев туфа и брекчий, образовавшихся из рыхлых выбросов (рис. 162). Вулканы, извергающие только рыхлые продукты, строят свой конус из туфов и брекчий.

Распределение вулканов на Земле весьма неравномерно, и обширные области, даже целые материки, совершенно лишены действующих вулканов. Так, например, материк Австралии совсем не имеет вулканов; в Азии они сосредоточены на полуострове Камчатка и отсутствуют на остальной площади, кроме группы в Северо-Восточном Китае (Дунбэй); в Европе имеется только один вулкан в Италии; в Африке их довольно много; всего богаче вулканами обе Америки, острова Тихого и Индийского океанов, часть Атлантического океана и Средиземного моря. Но если принять во внимание и потухшие вулканы, действовавшие в историческое время, а также районы более древнего вулканизма, то неравномерность распределения вулканов на Земле исчезнет, так как нигде не останется сколько-нибудь крупной области, совершенно лишенной хотя бы древних вулканов.

Главной областью развития действующих вулканов является Тихий океан; многочисленные вулканы расположены вдоль его берега в обеих Америках, с Аляски переходят по Алеутским островам на Камчатку, с последней по Курильским островам в Японию, рассеяны на всех островах Зондского архипелага, известны на Новой Зеландии и на Южном материке — Антар-

тиде. Некоторые острова среди этого океана также имеют действующие вулканы, как Гавайские и Самоа. Тихий океан опоясан огненным кольцом: если присоединить к нему соседние вулканы Зондских островов со стороны Индийского океана, то число действующих вулканов этого кольца превысит 400.

На втором месте можно поставить Атлантический океан с Карибским и Средиземным морями. Здесь вулканы более разбросаны отдельными группами и единицами, а не цепями, как в огненном кольце. Они имеются в Исландии, на островах Азорских, Канарских, Зеленого мыса, на Малых Антильских островах в Карибском море, в Сицилии, на Липарских островах, в Италии и Греческом архипелаге в Средиземном море. В этой области несколько десятков действующих вулканов.

Третье место занимает материк Африки, где на западном берегу имеется один, а внутри, вдоль цепи больших озер, несколько вулканов.

По последнему подсчету вулканов, действовавших после 1500 года, в тихоокеанской половине Земли имеется 403 и в атлантическо-индийской 83, а всего 486. Если же учитывать и более древние известные извержения, то всего 522 вулкана.

Изучение строения земной коры привело ученых к выводу, что вулканы приурочены к областям наиболее сильного нарушения первоначального залегания пластов, слагающих эту кору. Эти нарушения состоят, как мы узнаем в следующей главе, во-первых, в сильном сжатии этих пластов, выражающемся в том, что это сжатие образует складки, подобно складам на скатерти, лежащей на столе, возникающим, если мы будем эту скатерть сминать давлением руки с одной стороны, а во-вторых — в разрывах этих пластов большими трещинами, образующимися при их чрезмерном растяжении. Действующие вулканы и расположены главным образом там, где земная кора в недавнее время подвергалась особенно сильной складчатости или большим разломам. Те и другие нарушения нередко сочетаются друг с другом. Так, на берегах Тихого океана молодая складчатость во многих местах сопровождалась большими разломами, и по соседству со складчатыми горными цепями на берегах расположены самые большие глубины океана в виде длинных узких впадин, которые похожи на провалы. Вулканы Средиземного и Карибского морей также расположены в областях молодой складчатости, сопровождавшейся разломами. Вулканы внутри Африки приурочены к длинному поясу молодых разломов, оканчивающемуся на севере Красным морем и провалом Мертвого моря с долиной реки Иордан. Менее ясна закономерность расположения вулканов в Атлантическом океане, где только предполагают пересечения более древних поясов складчатости и разломов с молодыми. Неясно



Рис. 163. Вулкан Санта-Мария с толщей пепла, выброшенного при извержении 1902 г. Гватемала, Центральная Америка.

возникновение вулканов среди Тихого океана на Гавайских островах, слишком отдаленных от береговых поясов складок и разломов.

Древние вулканические области на Земле подтверждают указанную закономерность распределения вулканов. Эти области весьма различной древности. В некоторых из них имеются вулканы, которые действовали еще в начале современного геологического периода, вероятно, даже на глазах первобытного человека. В этих самых молодых из числа древних вулканов сохранились характерные формы конических гор с кратером на вершине, часто представляющим озеро, и уцелели лавовые потоки, изливавшиеся из этих кратеров. Таковы самые высокие вершины Кавказа — Казбек и Эльбрус и некоторые другие, затем Арарат в Турции, Алагез и другие в Армении, Демавенд в Иране, маленькие вулканы Лопатина, Мушкетова и Обручева на Витимском плоскогорье, вулканы Перетолчина и Кропоткила в Восточном Саяне. Овернь во Франции, Монте Нуово и Флегрейские поля в Италии, Дракенфельс на Рейне и маары Эйфели в Германии представляют собой также самые молодые (из древних) вулканические области. Мы найдем их также в разных местах Монгольской Народной Республики (например, вулканы в Дариганской области и вулкан Клеменца в нагорье Хангай), в Южном Китае, Северной Индии,

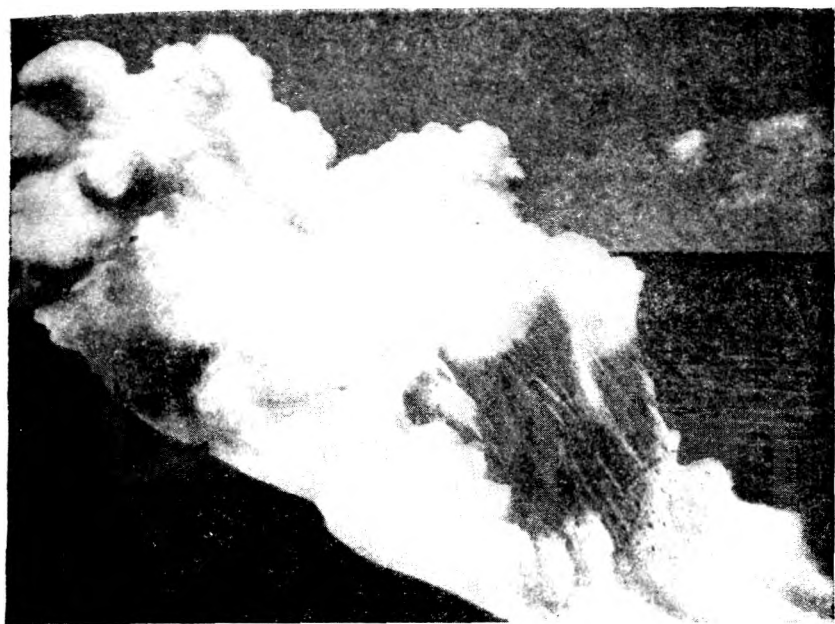


Рис. 164. Излияние потока лавы в море. Вулкан Матавану на острове
Савайи, Тихий океан.

Австралии, Малой Азии и т. д. В Дунбэе в группе вулканов Уюн-Холдонги в районе города Мергень извержение происходило еще в 1724 году нашей эры (по китайским летописям).

В разных местах и в неодинаковом количестве по всем материкам рассеяны более древние вулканические области, в которых формы вулканов сильно пострадали от выветривания и размыва и сохранились только развалины вулканических гор и остатки лавовых потоков и покровов (рис. 165). Сохранились и еще более древние остатки, в которых мы находим только самые внутренние части вулканов и каналы, заполненные магмой. Такие остатки известны на Урале, в Донбассе, на Волыни, в Пятигорском районе Предкавказья, в Альпах и Карпатах, на Балканах, в Тибете, на Алтае, в Саянах, Забайкалье, на Чукотском полуострове, на Амуре и по всему морскому побережью от Владивостока до реки Анадырь. В Средней Сибири между реками Енисеем и Леной, в северной части Тунгусского бассейна лежит громадный лавовый покров, излившийся главным образом по трещинам; к югу и востоку от лавового покрова огромная площадь занята вулканическими туфами, которые выбрасывались из большого количества вулканов и трубок

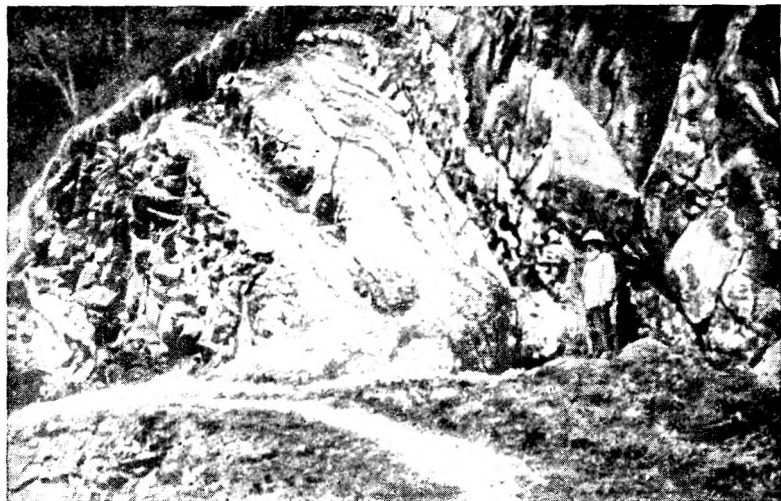


Рис. 165. Переменяемость потоков лавы и толщ туфов. Боржоми, Кавказ.
Стоит В. А. Обручев.

(Фото С. В. Обручева, 1912)

взрыва. Такую же древнюю вулканическую область представляет плато Декан в Индии с его лавовыми покровами. Острова Арктики — Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Гренландия — также изобилуют древними лавовыми покровами, покрывающими толщи осадочных пород и частью переслаивающимися с последними.

Все эти древние вулканические области обнаруживают явную зависимость от поясов сильной складчатости или от разломов земной коры. Вдоль по трещинам разломов возникали цепи действующих вулканов или происходили трещинные излияния лавы. В некоторых из этих областей, именно в более молодых, последние отзвуки вулканической деятельности еще проявляются в виде горячих источников, показывающих, что вулканический очаг, резервуар магмы, на глубине еще не совсем остыл и из него продолжает выделяться ювенильная вода. Такими признаками угасшего вулканизма являются горячие источники берегов Байкал и Баргузинской тайги, Карловых Вар в Чехословакии, Пятигорска и Боржоми на Кавказе, Киссингена в Германии, Оверни во Франции, Демавенда в Иране и других. Но даже не только теплые, а во многих случаях и холодные минеральные источники связаны с бывшей вулканической деятельностью в качестве ее последних отзвуков.



Рис. 166. Сольфатары в кратере вулкана Эбено на острове Парамушир, Курильские острова.

Фото Г. С. Горшкова, Бюллетень Вулканологической станции, № 22, 1954)



Рис. 167. Каньон реки Йеллоустон, врезанный до глубины 360 м в толщу туфов и лав. США.

Наблюдения над современными вулканами показали, что когда вулкан после сильных извержений потухает и его фумаролы охлаждаются, в них уменьшается разнообразие газов и даже из главного центра выделяются только сернистый и углекислый газы, а также водяной пар. В таком состоянии вулканы называют *сольфатарами* (рис. 166). В дальнейшей стадии потухания вулканы выделяют только углекислый газ и углеводороды в виде так называемых *мофетт*. Поэтому в древних вулканических областях теплые и холодные минеральные источники можно считать ювенильными водами вулканического происхождения, а не вадозными, согретыми и минерализованными на глубине.

Одним из самых замечательных вулканических районов, сравнительно молодым, является Йеллоустонский национальный парк в Скалистых горах Соединенных Штатов Америки. Река Йеллоустон врезалась ущельем в громадную толщу лав и туфов прежних извержений (рис. 167), в который погребены остатки деревьев на 15 горизонтах. Пятнадцать раз в этой местности вырастал большой лес со столетними деревьями, и пятнадцать раз соседний вулкан засыпал новый лес пеплом и заливал лавой. Многие деревья окаменели на корню и сохранились в вертикальном положении в виде пней, другие же — в виде поваленных стволов. Это свидетельствует о том, что здесь пятнадцать раз происходили катастрофические вулканические извержения, после которых должны были протекать целые века, чтобы на новой поверхности возник и вырос новый большой лес (рис. 168).

В том же Национальном парке мы находим другие доказательства недавней вулканической деятельности в виде обильных гейзеров.

Гейзеры представляют собой горячие источники, извергающиеся периодически в виде более или менее высоких фонтанов. Они известны только в вулканических областях, как современных, на Камчатке, на островах Исландия и Новая Зеландия, так и более древних — в Йеллоустонском парке. Одни из гейзеров вытекают из отверстий на дне небольшого бассейна, другие — из отверстий среди слоев кремневого туфа, которые и являются отложениями горячей воды. Извержения гейзеров происходят с разными промежутками, постоянными для данного источника: одни извергаются каждые 10 или 20 минут, другие — через несколько часов, третьи раз в сутки. Извержению предшествуют подземные удары, а в бассейне — вскипание воды; затем вырывается фонтан воды, действующий также различное время и потом прекращающийся. Температура воды гейзеров от 60 до 99° Ц; в растворе она содержит главным образом кремнезем, который и выделяется, образуя вокруг отверстия небольшие

неправильные конусы, или бассейны, окруженные террасами, по которым вода стекает и которые при этом постепенно нарастают. В Исландии главный, Большой гейзер действует каждые 24—30 часов; в Новой Зеландии целые десятки их бьют в долине Вайкато, вокруг озера Ротомана; самый крупный гейзер Тетарата отложил уже целый ряд белоснежных террас из кремневого туфа. В Йеллоустонском парке есть несколько десятков гейзеров разного размера, имеющих отдельные названия (рис. 170). По соседству с некоторыми гейзерами часть леса, заливаемая минеральной водой, постепенно гибнет: деревья на корню пропитываются кремнеземом и становятся окаменелостями.

В 1941 году были обнаружены крупные гейзеры на Камчатке близ вулкана Кихпинич в долине реки Гейзерной (рис. 169).

В этой долине находится свыше 20 больших гейзеров, из которых один, называемый «Великаном», является наиболее крупным. Он выбрасывает струю воды диаметром у грифона до 3 метров, на высоту до 40 метров, а пар временами поднимается ввысь на несколько сот (до 400—500) метров.

Режим камчатских гейзеров разнообразен. Одни отличаются длительностью покоя, другие, наоборот, длительностью извержения и кратковременным локом.

Продолжительность одного полного периода, т. е. извержения и покоя, в камчатских гейзерах различная — от 2,5 минут до 5 часов. Продолжительность извержения воды и пара от 1 до 12 минут. Высота выбрасываемой струи воды от 1 до 40 метров. Температура воды в гейзерах от 94 до 99° Ц.

Большинство гейзеров отличается нерегулярностью извержения. Они действуют на Камчатке с точностью в 20—40%, причем по сравнению с другими гейзерами земного шара они все-таки являются более регулярными.

С течением времени режим гейзеров меняется, обычно периоды их деятельности становятся более продолжительными.

Ингузи. Магма, поднимающаяся из недр Земли, далеко не всегда достигает поверхности, создавая вулкан и его извер-

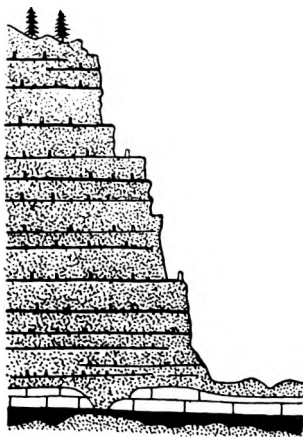


Рис. 168. Разрез толщи туфов и лав с 15 горизонтами погребенного леса в Йеллоустонском национальном парке, США.



Рис. 169. Долина Гейзерная, Камчатка.

жения. Гораздо большее значение, судя по массам горных пород, образовавшихся из магмы, имеют извержения, оставшиеся на некоторой глубине и называемые интрузиями, т. е. внедрениями, так как магма внедряется среди слоев земной коры, иногда пользуясь имеющимися пустотами, но чаще создает себе место, поднимая и раздвигая слои и расплавляя их своим жаром.

Интрузии имеют весьма различную форму и различную величину. Самые крупные, занимающие площади от нескольких десятков до нескольких сот квадратных километров (и имеющие соответствующий объем), называют батолитами; в плане они имеют вытянутую или округлую форму с отрогками и выемками; верхняя поверхность их неровная, с выступами (куполами). Более или менее крупные участки или отдельные глыбы осадочных пород, слагающих кровлю батолита, в которые внедрилась магма, оторваны от последней и погружены в его массу в виде ксенолитов. Батолиты небольших размеров, площадью в сотни и тысячи квадратных метров, называются штоками.

Часто магма поднимает куполом слои земной коры и застывает в форме, напоминающей каравай хлеба и называемой лакколитом; у последнего всегда есть канал под дном, по которому магма поднималась вверх. Лакколиты могут образоваться только недалеко от земной поверхности, среди слоев



Рис. 170. Бассейн кипящего источника «Губна», Йеллоустонский национальный парк, США.

горизонтальных или слабо наклонных, которые под напором магмы могут подняться вверх. В кровле лакколита, если она состоит из более тонко наслоенных пород, можно видеть внедрение магмы в промежутки между слоями, т. е. по плоскостям напластования, иногда на значительное расстояние. Лакколит можно считать неудавшимся вулканом — магме не удалось прорваться на поверхность, а с другой стороны, возможно, что на некоторой глубине под действующим вулканом находится лакколит в виде резервуара магмы, производящей извержения. На рис. 181 изображен лакколит (гора Аю-Даг), вскрытый размывом.

Поучительный пример лакколитов представляет район Минеральных Вод на Кавказе, где мы видим целый ряд отдельных гор, всего семнадцать. Одни из них являются лакколитами, уже размытыми эрозией, как Бештау, Змиевка, Развалка, Железная гора, Верблюды, Бык, где на поверхность выходят изверженные породы, тогда как другие, как Машук, Лысая, Юца, Свистун, представляют собой лакколиты, еще скрытые под оболочкой куполообразно приподнятых осадочных пород. На рис. 174 изображен разрез гор Бештау (1), Железной (2) и Развалки (3), на котором видно, что при внедрении лакколита слои иногда сильно заворачиваются и даже опрокидываются. Лакколит Железной и Развалки — общий, с двумя вершинами,



Рис. 171. Террасы Клеопатры из отложений кремневого туфа и с водорослями красного, оранжевого и бурого цвета, Йеллоустон, США

между которыми виден остаток кровли. Внедрение, очевидно, происходит не так спокойно, как изображает идеальный разрез (рис. 173). Горячие и холодные минеральные источники разнообразного состава, которыми славится этот район, представляют последние отзвуки давно уже замершей интрузии, не создавшей здесь вулканов. Но не так далеко отсюда на юг мы находим Эльбрус, представляющий собой огромный вулкан, действовавший, очевидно, еще на глазах человека, судя по приуроченной к нему легенде о Прометее, похитившем с неба огонь и прикованном богами в наказание к вершине горы.

Кроме батолитов и лакколитов, интрузии слагают и другие, более сложные или простые формы; из них мы отметим, как наиболее часто встречающиеся, только жилы, которые или пересекают слои осадочных пород в разных направлениях и называются *секущими*, или же располагаются между слоями по плоскостям напластования и называются *пластовыми* или *силами* (рис. 177). В жилах различают *висячий бок (В)*, *лежащий бок (Л)* и *мощность*, которую определяют перпендикулярно к этим бокам. Эта мощность бывает очень различная, от сантиметра до десятков и даже до сотни-другой метров. Одни жилы быстро кончаются, выклиниваются, другие тянутся на сотни метров или на километры.

Жилы часто раздуваются, т. е. увеличивают свою мощность, или утоньшаются, образуют пережимы. Они отходят и от батолитов и от лакколитов, а также от вулканов, именно от их

канала, и представляют собой заполнения магмой трещин (секущие) или внедрения магмы по плоскостям напластования

Типы изверженных горных пород. Магма, застывшая в батолитах, лакколитах, жилах, в потоках и покровах лавы, представляет собой горные породы, которые называются изверженными или магматическими, как мы указали в начале этой главы. Эти породы очень разнообразны по своему составу и строению. Изучением как этих, так

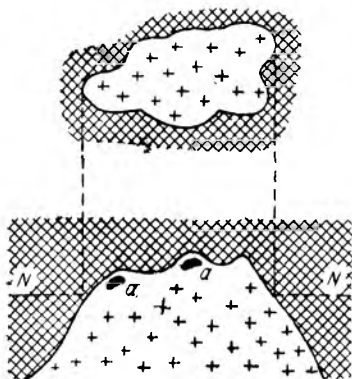


Рис. 172. Разрезы батолита: вертикальный (внизу) и горизонтальный на уровне линии NN (вверху); а — ксенолиты.

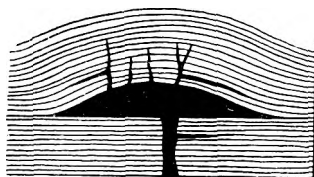


Рис. 173. Идеальный разрез лакколита с секущими и пластовыми жилами в кровле.

и осадочных пород занимается петрография, крупная отрасль геологии; здесь мы можем дать только самое общее понятие об их составе и строении.

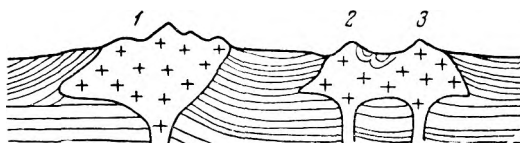


Рис. 174. Разрез лакколитов гор Бештау (1), Железной (2) и Развалки, (3) вскрытых разрывом, Кавказские Минеральные воды.

Изверженные породы делятся прежде всего по содержанию кремнезема на кислые (содержащие свыше 65% окиси кремния), средние (52—65%), основные (42—52%) и ультраосновные (менее 42%).

По условиям залегания мы различаем среди изверженных пород: а) интрузивные, или глубинные, которые застывали в земной коре на глубине и в зависимости от этого приобрели зернистое строение; б) эффузивные, или излившиеся (также вулканические, экструзивные), прорва-



Рис. 175. Нижнечетвертичный шлаковый вулкан на плато Кызыл-джук (Армянское нагорье) со вторичным конусом в кратере.

(Фото С. В. Обручева, 1954)

шиеся на земную поверхность по каналам вулканов или трещинам и затвердевшие под атмосферным давлением; в) ж и л ь н ы е, представляющие магму, застывшую в трещинах земной коры на различной глубине.

По строению различают породы:

1. Полнокристаллически-зернистые, образующиеся в том случае, когда магма остывала очень медленно на глубине и все минералы, входящие в состав породы, успели выделиться в виде кристаллов или зерен приблизительно одинаковой величины. В качестве примеров назовем из кислых пород гранит, из средних — диорит и сиенит, из основных — габбро и из ультраосновных — перидотит.

Гранит состоит из кварца, полевых шпатов и слюды, рядом с которой или вместо которой бывает роговая обманка, редко авгит.

Диорит и сиенит состоят из полевых шпатов и слюды (или роговой обманки, авгита); разница между ними зависит от состава полевого шпата — калиевого (у сиенита) или известково-натрового (у диорита).

Габбро состоит из известково-натрового полевого шпата, пироксена (диаллага, авгита, гиперстена) и оливина.

Перидотит состоит из оливина и авгита, иногда с примесью роговой обманки, слюды.

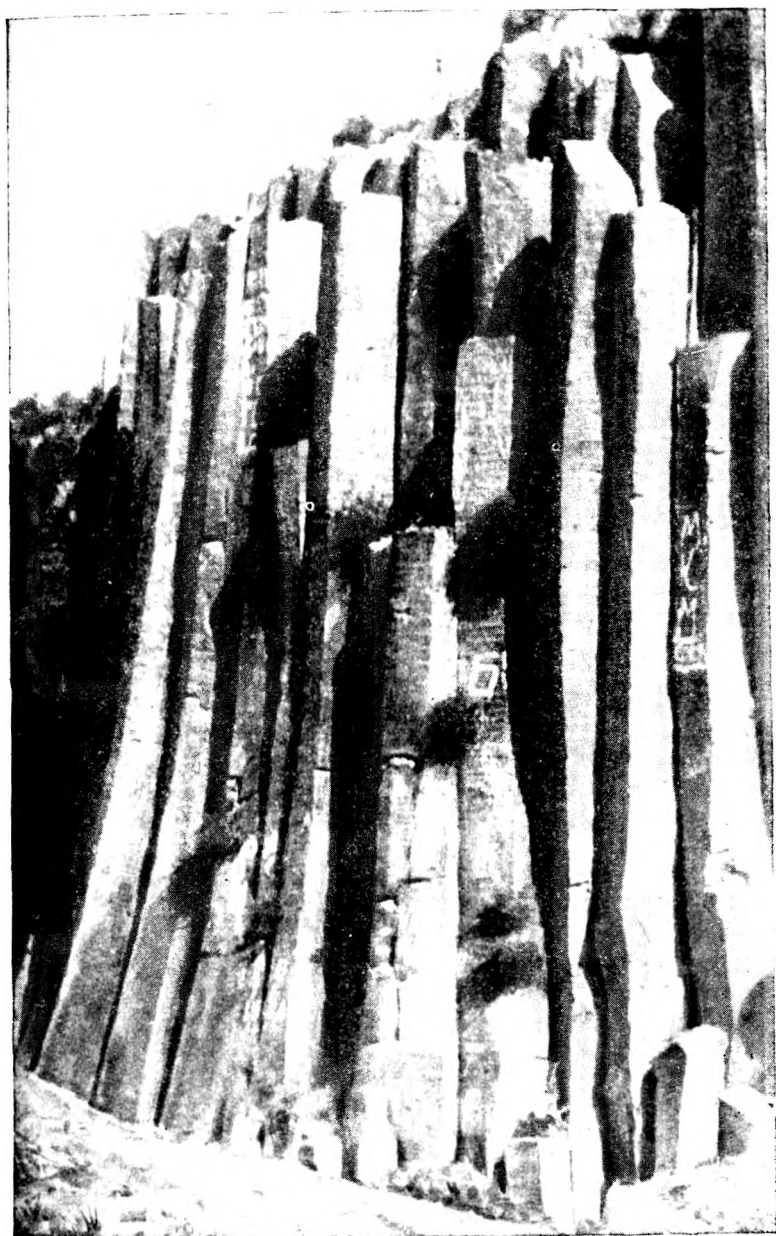


Рис. 176. Базальтовые столбы в окрестностях Еревана.
Четвертичный покров.

Фото П. Е. Оффмана и А. С. Новиковой 1954

2. Порфи́ровые горные породы образуются при более быстром затвердевании магмы на небольшой глубине или на поверхности и отличаются тем, что часть минералов успела выделиться в виде зерен или кристаллов заметной величины.

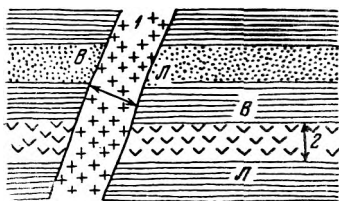


Рис. 177. Жилы сenuщая 1) и пластовая (2).

В — виспячий бок; Л — лежачий бок.

тогда как остальная часть застыла в виде очень мелкозернистой массы, часто содержащей еще стекло в большем или меньшем количестве. Когда лава застывает так быстро, что никакие минералы не успевают выделиться, то образуется вулканическое стекло; это сплошная масса разных цветов, похожая на искусственное стекло.

В качестве примеров порфировых пород назовем из кислых

кварцевый порфир, липарит, из средних — дацит, трахит, из основных — порфирит, андезит, базальт, из ультраосновных — пикритовый порфирит. Состав этих пород тот же, что у названных полнокристаллических (например, кварцевый порфир и липарит соответствуют граниту, трахит — сиениту, порфирит и андезит — диориту и т. д.), но строение другое, в зависимости от других условий затвердевания.

3. Стекловатые породы или целиком состоят из стекла или же содержат в стекле некоторые минералы, успевшие выделиться. Примеры: витрофир (стекловатый порфир), витробазальт (стекловатый базальт), обсидиан, пемза, пехштейн (сплошные стекла состава липарита, дацита).

Различают еще пузыристые породы, как разновидность порфировых и стекловатых, богатые пустотами различной величины, оставленными газами, которые выделились из лавы. В зависимости от величины и формы пустот говорят о губчатом, пузыристом, грубо- и мелкопористом строении, которое вообще свойственно породам, излившимся на поверхность земли.

Читатель может спросить, почему порфи́ровые породы, соответствующие по составу граниту, называют и кварцевым порфиром и липаритом и какая между ними разница? Дело в том, что среди порфировых пород различают более древние и более молодые или более измененные и более свежие; к первым принадлежат кварцевые порфиры, порфириты, ко вторым — липариты, трахиты, дациты, андезиты, базальты.

Более древние породы отличаются большей уплотненностью, они уже успели подвергнуться разным изменениям под



Останец желтого лёсса, подстилаемого красными глинами с известковыми конкрециями в провинции Шаньси, уезд Лишань, Северный Китай.

(Фото А. С. Кесъ)

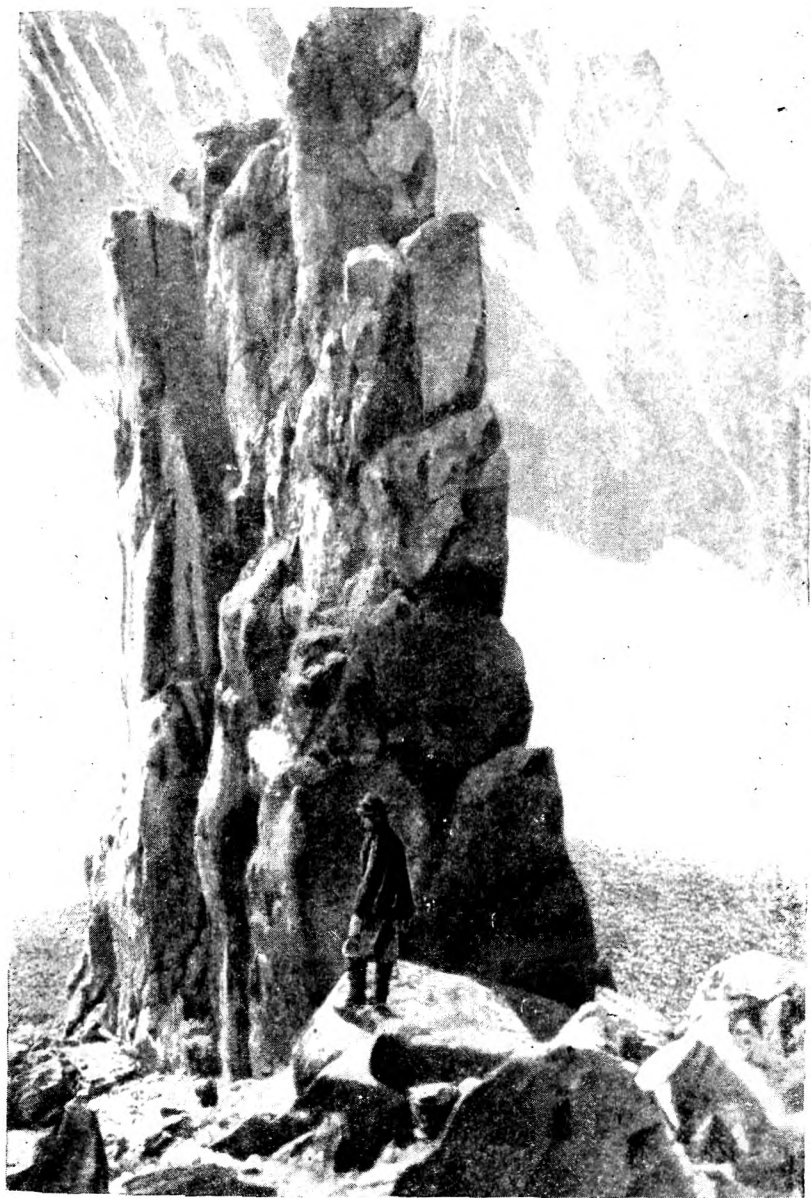


Рис. 178. Пегматитовая жила, обнаженная вследствие выветривания облегающих ее сланцев, Турнестанский хребет.

(Фото Д. И. Щербакова)

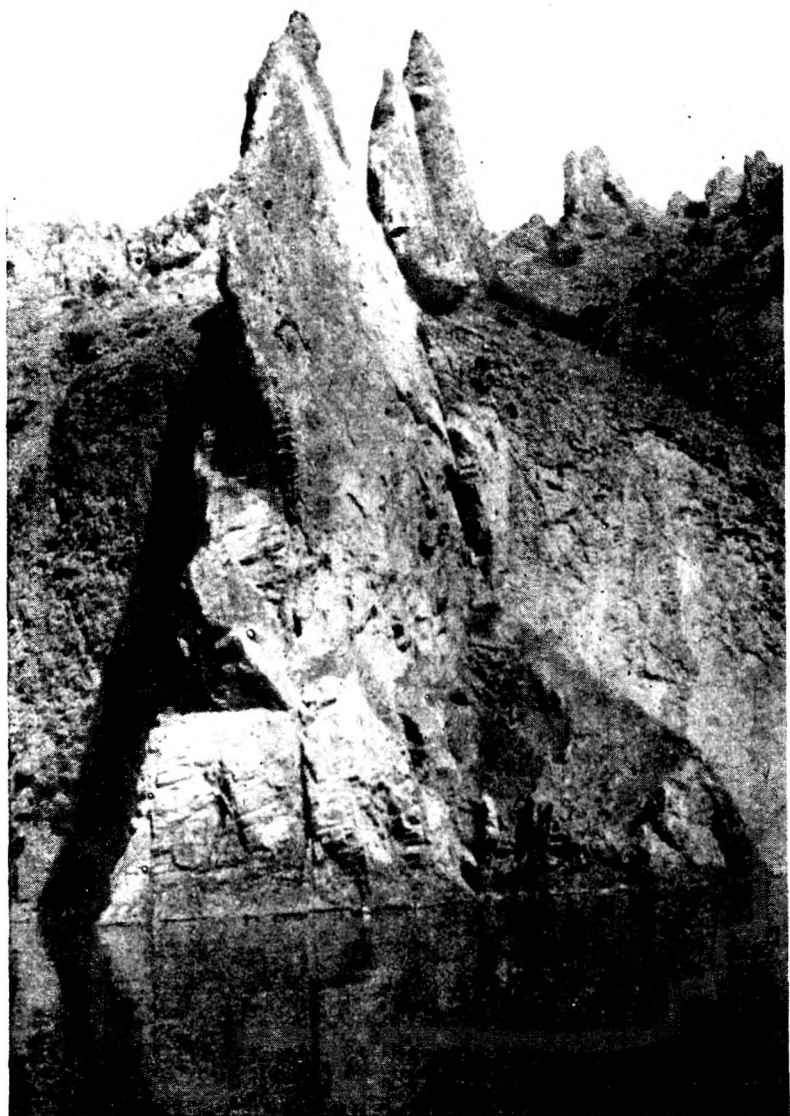


Рис. 179. Жила изверженной породы, Кара-Даг, Крым.
(Фото Д. И. Щербанова)

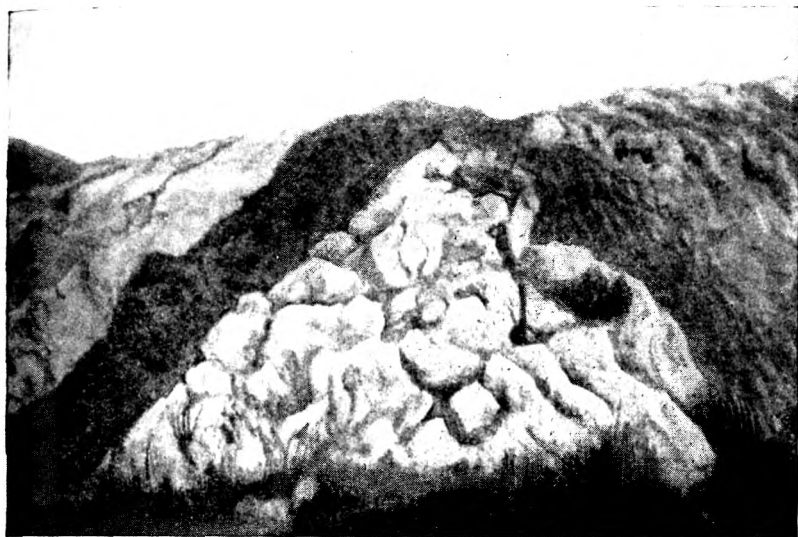


Рис. 180. Жила диорита в белом граните, прорвавшем серые гнейсы (справа). Котловина ключа Лобачэн, пустыня Бейшань; Центральная Азия.
(Фото В. А. Обручева, 1894)

воздействием химических и физических агентов; в них исчезли мелкие поры, оставленные газами, которые выделялись из магмы при ее застывании. Среди выделений у некоторых молодых пород имеется стекловатый полевой шпат (санидин), отсутствующий у древних. У последних стекло в основной массе часто уже раскристаллизовалось. В большинстве случаев древнюю порфировую породу нетрудно отличить от молодой.

Необходимо сказать несколько слов о метаморфических породах, которые образуются на глубине из осадочных пород при их соприкосновении с интрузиями. Жар, выделяемый последними при остывании, а также их пары и газы производят более или менее сильное изменение, выражающееся в разных степенях — от появления отдельных новых минералов до полной перекристаллизации осадочной породы, т. е. до превращения ее в кристаллическую. Значительное давление, господствующее на глубине, а также развивающееся при горообразовании, высокая температура и циркулирующие по породам растворы являются агентами метаморфизма.

Примеры метаморфических пород: гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, мраморы. Гнейс, имеющий состав гранита, образуется или из осадочных пород, полностью перекристаллизованных, и тогда называется парагнейсом, или же



Рис. 181. Лакколит, вскрытый размывом, — гора Аю-Даг (вдали), Гурзуф. Южный берег Крыма.

интрузивная масса, застывая под давлением при горообразовании, получает сланцеватое строение и превращается в ортогнейс. Мрамор образуется из известняков и доломитов; кристаллические сланцы, роговообманковые, слюдяные, хлоритовые и пр. создаются из разных осадочных пород.

Изучение вулканов представляет важную, но в некоторых отношениях особенно трудную задачу. Изучать древние, давно потухшие и глубоко размытые вулканы, конечно, не труднее, чем выходы каких-нибудь других пород; таким путем можно составить представление о внутренности вулкана, его составе и строении, о форме и способе заполнения канала, о соотношениях горных пород разного рода и о последовательности наслоений в вулканическом конусе.

Батолиты и лакколиты, вскрытые размывом более или менее глубоко, позволяют изучить состав и строение этих подземных проявлений вулканизма, выяснить процесс их внедрения в слои земной коры, затвердевания и влияния на окружающие горные породы. Но самый процесс вулканизма в его разнообразных проявлениях на земной поверхности и во всех фазах его развития можно изучать только на действующих вулканах, и здесь изучение встречает громадные трудности в виде удручающих или ядовитых газов, горячих водяных паров, палящих туч и выбрасываемых раскаленных бомб.

Тем не менее с начала XX века в изучении действующих вулканов сделаны значительные успехи. Сперва американские ученые проникли в обширный кратер вулкана Килауэа на Гавайских островах и с опасностью для жизни измеряли температуру расплавленной лавы, брали образчики ее, собирали газовые выделения. Собираание и анализ газов помогли решить сложный вопрос об их составе, в особенности об участии паров воды, которое многие оспаривали. Позже начали спускаться в кратеры Везувия и Стромболи; в первом погиб ученый Меркалли; во втором Кернер достиг на канате глубины 250 метров. Японские геолог и журналист спускались в кратер действующего вулкана Михараяма близ города Икогама.

Для спуска была использована снабженная искусственным охлаждением стальная гондола. Оба наблюдателя были снабжены асбестовыми костюмами и газовыми масками. До глубины 150 метров в кратере была достаточная видимость, можно было наблюдать извергавшуюся лаву и взрывы газов и делать съемки. Спустя еще 30 метров видимость настолько ухудшилась, что спуск можно было продолжать лишь наугад. На глубине 370 метров гондолу стало так сильно пыхрять взрывами газов, что дальнейший спуск сделался небезопасным и пришлось дать сигнал к подъему. Научный результат посещения кратера — собранные пробы газов и несколько сот фотографических снимков.

После нескольких неудачных попыток в последние годы удался спуск в кратер Ключевской сопки на Камчатке, очень высокого вулкана, подъем на вершину которого уже требует большой затраты сил. В 1935 году участники камчатской экспедиции геолог Кулаков, химик Троцкий с рабочим Микулиным и альпинистом Контеловым побывали в кратере, собрали газы и наблюдали выделение дыма и выбрасывание лапилли и бомб.

На вулкане Килауэа специальную наблюдательную станцию уже давно организовали американцы, а на Везувии — итальянцы.

Вулканологическая станция Академии наук СССР, построенная в 1935 году около Ключевской сопки — самого активного вулкана на Камчатке, изучает вулканическую деятельность в разнообразных ее проявлениях: механизм извержений, состояние вулкана в промежутки времени между извержениями, фумарольную и сольфатарную деятельность, гейзеры и горячие источники.

Большое внимание уделяется выявлению признаков наступающего извержения с целью предупреждения населения о нем.

За время существования станции произошел ряд извержений вулканов Шивелуча, Ключевского, Толбачика, Малого



Рис. 182. Утес Шипрок — остаток жерла древнего вулкана, сложенный из лавы и туфобрекчин, район Навахо, Аризона, США.

Семячика, Карымского, Жупановского, Авачи, Мутновского, Сарычева и пика Креницына, которые в той или иной степени наблюдались и изучались.

Кроме того, изучаются вулканические продукты (т. е. лавы и другие вулканические породы, минералы, возгоны и вулканические, преимущественно фумарольные, газы), а также формы вулканов и другие объекты. До настоящего времени эти наблюдения и исследования опубликованы в 28 номерах «Бюллетеня» и в 17 томах «Трудов».

Польза и вред вулканов. Давно уже замечено, что вулканические породы, выветрившись и разложившись, дают очень плодородную почву. Поэтому склоны и окрестности действующих вулканов при соответствующем климате густо заселяются человеком, обрабатывающим почву, несмотря на постоянную угрозу возобновления извержений. Пепел, выбрасываемый вулканом, является удобрением полей и садов, конечно, если выпадает не в таком количестве, чтобы засыпать и уничтожить растительность.

Отложения нашатыря и в особенности серы в кратерах некоторых вулканов служат предметом добычи, иногда с опасностью для жизни рабочих.

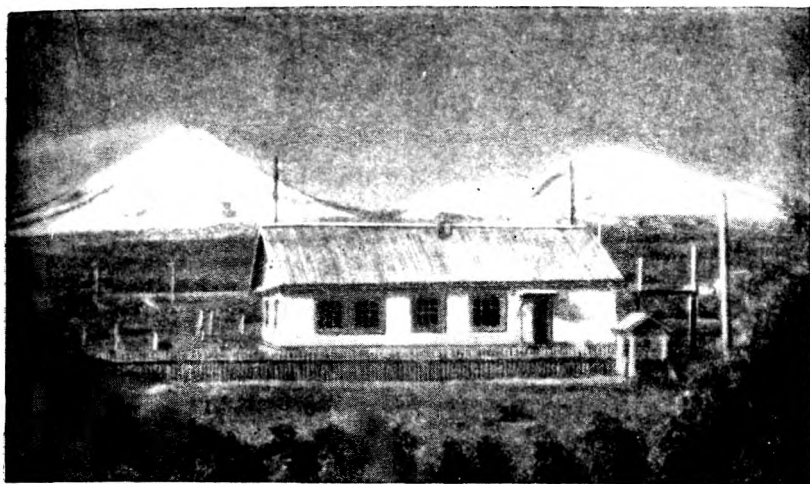


Рис. 183. Камчатская вулканологическая станция Академии наук СССР на фоне Ключевской группы вулканов. Слева направо — вулканы Ключевский, Средний и Плоский.

Фото Г. С. Горшкова, Бюллетень Вулканологической станции, № 19, 1953)

Минеральные источники, связанные с вулканами как действующими, так и древними, издавна используются человеком для лечебных целей. Красивое зрелище периодически извергающихся гейзеров привлекает туристов; горячая вода может быть использована для отопления зданий по соседству¹.

Выделения углекислого газа в некоторых местах улавливаются для получения жидкого углекислого газа. Большую ценность представляют выделения борной кислоты, которые собирались в вулкане Вулькано до его последнего извержения, уничтожившего аппаратуру. Большое значение имеют горячие фумаролы и источники Соффиони в Тоскане, в Италии, содержащие борную кислоту; их использовали уже с 1818 года, а в последнее время начали утилизировать тепловую энергию фумарол не только для извлечения борной кислоты, но и для получения механической и электрической энергии. Посредством буровых скважин, глубиной от 60 до 1561 метра, улавливаются пары с температурой от 100 до 240° Ц в количестве до 3000 тонн в час. Пар содержит до 6% газов, главным образом углекислого (90%), а также сероводорода, метана, аммиака, азота, аргона и гелия. Заводы вырабатывают борную кислоту,

¹ В настоящее время на Камчатке уже приступили к строительству геотермической электростанции, которая будет работать с использованием подземного пара. (Прим. ред.)

буру, карбонаты натрия и аммония и большое количество электрической энергии, потребляемой соседними городами.

Успех этого предприятия побудил заняться вопросом об утилизации фумарол в Южной Италии, Калифорнии, Индонезии, Чили и Боливии. Но громадные количества пепла и газов, которые выделяются в короткое время при вулканических извержениях, до сих пор не используются человеком, так как непостоянство этих явлений и громадный риск для всей аппаратуры и для людей делают овладение силами вулкана очень трудной задачей.

Вред, приносимый вулканами, значителен, но не так велик, как казалось бы. Население склонов и ближайших окрестностей вулкана терпит материальный и жизненный ущерб в связи со следующими явлениями, обусловленными вулканизмом: 1) землетрясения, предшествующие и сопутствующие извержениям, разрушают здания, дороги и нарушают режим источников; 2) грязевые потоки уничтожают поля и сады, портят дороги и здания; 3) пепел и бомбы при сильном выпадении приносят такой же ущерб; 4) лава заливают культурные угодья, дороги, улицы, разрушает дома; 5) последствием некоторых извержений являются иногда эпидемии и эпизоотии; 6) палящие тучи уничтожают не только всю растительность, но и вообще все живое в сфере своего прохода, как показало извержение Лысой горы в 1902 году, погубившее город Сен-Пьер и все его население в 26 000 человек; 7) волны, возникающие при подводных извержениях, производят сильные разрушения на соседних берегах.

Все эти явления связаны с большей или меньшей потерей человеческих жизней; по произведенным подсчетам в связи с вулканическими извержениями погибло с 1500 года около 190 000 человек. По сравнению с числом жертв землетрясений, наводнений и тайфунов (ураганов) это немного.

VIII

КАК СОЗДАЮТСЯ И РАЗРУШАЮТСЯ ГОРЫ

Главные черты рельефа Земли. Дислокации складчатые и сбросовые. Формы складок и сбросов. Трещины отдельно. Формы гор. Горы дислокационные и вулканические. Типы дислокационных гор. Разрушение и уничтожение гор. Возрождение гор. Геосинклинали и платформы. Орогенез и эпейрогенез. Причины дислокаций.

Мы все знаем, что поверхность суши состоит из низменностей и возвышенностей. Низменности представляют собой главным образом равнины, но нередко их ровная поверхность нарушается невысокими холмами, например дюнами или барханами, сложенными из наносного песка, или холмами, состоящими из сглаженных выветриванием или морским смывом выходов коренных пород. Возвышенности имеют более разнообразный рельеф: среди них различают изолированные горы, плоскогорья, отдельные горные хребты, горные страны и нагорья. Мы уже познакомились с вулканами, представляющими собой или отдельные горы или группы и небольшие цепи таких гор, и мы знаем, что они состоят из продуктов извержений — лав и туфов.

Но большинство возвышенностей, хотя в их составе изверженные породы часто принимают то



или другое участие, имеет иное происхождение. Они созданы движениями, нарушавшими строение земной коры и вызывавшими дислокацию ее слоев, т. е. нарушение их первоначального залегания. При этих движениях пласты горных пород, образовавшихся на дне морей и озер или на суше в горизонтальном или слабо наклонном положении (при некотором уклоне дна бассейна или поверхности суши), выводятся из первоначального положения, поднимаются вверх, опускаются вниз, становятся наклонно, изгибаются в складки, словно бумага или ткань, разрываются, наползают друг на друга, даже опрокидываются. Эти дислокации создают большинство возвышенностей на Земле и по своему характеру делятся на два основных типа — складчатые, или плюкативные, и сбросовые, или дизъюнктивные.

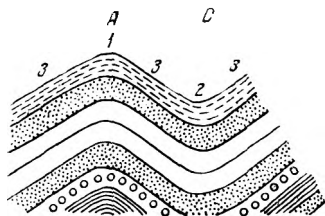


Рис. 184. Складка.

А — антиклиналь; С — синклиналь; 1 — свод или седло; 2 — мульда; 3 — крылья.

Если мы проследим один и тот же пласт горной породы в складке, то увидим, что он поднимается вверх, постепенно перегибается, образуя свод, и опускается вниз. Все остальные пласты, лежащие над ним и под ним, повторяют этот изгиб (рис. 184). Складка, которая обращена выпуклостью, т. е. перегибом, вверх, называется седлом, или антиклиналью (потому что пласт от высшей точки падает в противоположные стороны). Складка, обращенная перегибом вниз, называется мульдой, или синклиной (потому что наклон пластов идет с обеих сторон к месту перегиба) (рис. 185 и 186).

Формы складок и сбросов.

Если мы проследим один и тот же пласт горной породы в складке, то увидим, что он поднимается вверх, постепенно перегибается, образуя свод, и опускается вниз. Все остальные пласты, лежащие над ним и под ним, повторяют этот изгиб (рис. 184). Складка, которая обращена выпуклостью, т. е. перегибом, вверх, называется седлом, или антиклиналью (потому что пласт от высшей точки падает в противоположные стороны). Складка, обращенная перегибом вниз, называется мульдой, или синклиной (потому что наклон пластов идет с обеих сторон к месту перегиба) (рис. 185 и 186).

Соседние седло и мульда в совокупности образуют полную складку. Части пласта в промежутках между перегибами называются крыльями и складки. Последняя редко бывает совершенно обособленной; обыкновенно за одной складкой следует вторая, за второй третья и т. д. — как морщины на печеном яблоке. Форма складок также бывает разная: то плоская, то круглая, то с плавными перегибами, то с резкими переломами.

Если оба крыла имеют одинаковый уклон — складка называется прямой; если одно крыло наклонено круче другого — она будет косая; если свод перекинется за одно из крыльев — она становится опрокинутой; наконец, можно видеть складки, у которых перегиб обращен не вверх и не вниз, а вбок и оба крыла лежат плашмя; такие складки называются лежащими. Эти различные формы складок зависят от силы давления: при более слабом давлении складки будут плоские и прямые, при более сильном они становятся все круче и круче,



Рис. 185. Плоская складчатость юрских угленосных отложений у подножья хребта Джаир, Джунгария.

(Фото В. А. Обручева, 1909)

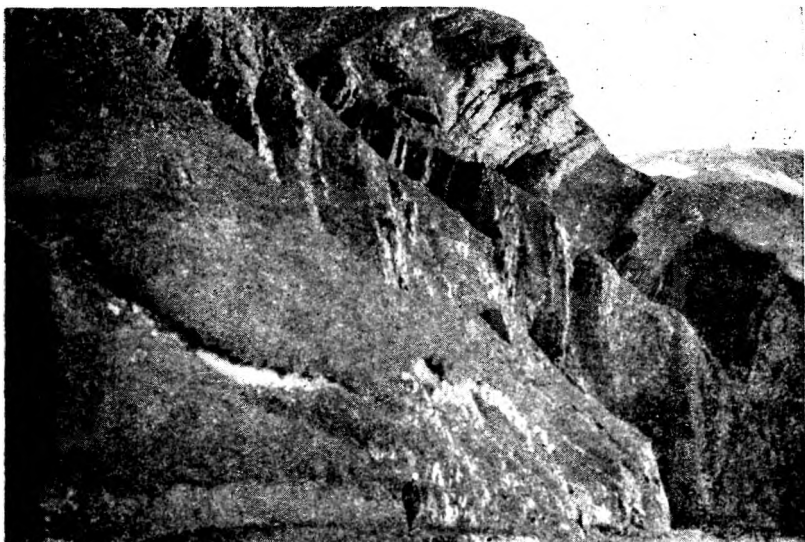


Рис. 186. Крыло антиклинальной складки, Военно-Осетинская дорога, Кавказ.

(Фото Д. И. Щербанова)

перекашиваются, опрокидываются. ложатся и даже налезают друг на друга, крылья их в свою очередь перегибаются и делают второстепенные складки: в общем получается сложная складчатость, которую нередко можно видеть в горах (рис. 188 и 189). Она доказывает, что в этом месте земная кора сжималась, морщилась очень сильно.

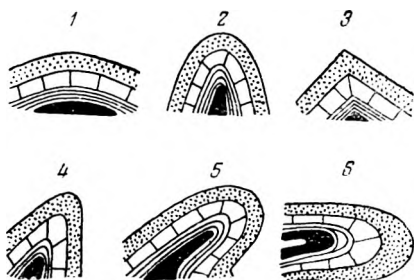


Рис. 187. Складки.

1, 2, 3 — прямые: 1 — плоская; 2 — крутая;
3 — с переломом в седле; 4 — косая;
5 — опрокинутая; 6 — лежащая.

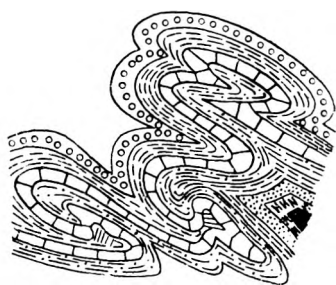


Рис. 188. Сложная (вторичная) складчатость.

Читатель, пожалуй, скажет с недоверием: не может этого быть! Пласты таких твердых пород, как песчаники, известняки, сланцы, — не бумага, не сукно, не резина или кожа, которые можно гнуть как угодно. Такое возражение прежде делали и ученые и поэтому принимали, что складки создавались в то время, когда горные породы были еще мягкие и представляли песок, глину и ил. Но изучение гор показало, что горные породы действительно изгибались в твердом состоянии, потому что пласты их сильно пострадали при изгибах — они разорваны мелкими трещинами, местами даже раздроблены, а части пластов нередко передвинуты друг относительно друга. Но этих разрывов все-таки недостаточно, чтобы объяснить сильную и сложную складчатость. Чтобы понять ее, мы должны вспомнить, что пласты, поднятые теперь высоко в горах и выходящие наружу, прежде лежали на большой глубине и находились под давлением всех вышележащих толщ. А под таким давлением даже твердые тела становятся способными менять свою форму без разрыва. Это доказали различные опыты, сделанные учеными. Например, свинец под давлением проходит струей, как вода, через узкое отверстие; листы железа, меди, стали большими машинами изгибаются, словно лист бумаги. Стекло — очень хрупкое тело, но его можно изогнуть в холодном виде, если сила действует очень медленно и постепенно. Кроме того, на большой глубине горные породы были значительно теплее

и влажнее, чем на поверхности, что способствовало их гибкости. Горнорабочие знают по опыту, что глыбы твердых пород, только что отколотые от сплошной скалы в руднике или каменоломне, обтесываются гораздо легче, чем после того, как они пожелтеют на воздухе. Одним словом, горные породы в глубине земной коры могли подвергаться даже сильным изгибам, разрываясь лишь незначительно, тем более что складчатость возникла очень медленно.

Способность горных пород к изгибам имеет свой предел; когда давление переходило за этот предел, складка разрывалась в том или другом месте, по оси или по одному из крыльев, и части ее надвигались друг на друга (рис. 190). Разорванные складки также можно видеть в горах, где надвиги иногда достигают огромной величины. Эта разорванная и надвинутая складка представляет уже форму дизъюнктивной, или сбросовой, дислокации, в которую нередко переходит пликативная; эта форма называется взбросом складки, или складкой-взбросом (рис. 191).

Складки иногда бывают однобокие, т. е. имеют только одно крыло, представляя коленообразный перегиб пластов (*a* на фиг. 192), который называется флексурой, или моноклинальной складкой (с наклоном в одну сторону).

Нередко при таком перегибе пласты не выдерживают напряжения и разрываются; тогда складка переходит в сброс (*b* на рис. 192) — самую распространенную форму дизъюнктивной



Рис. 189. Сложная (вторичная) складчатость гнейса в Северной Монголии, хребет Хэнтэй.

дислокации, встречаемую также независимо от складчатости при вертикальных смещениях в земной коре (а на рис. 193 и рис. 194). Независимо от складчатости происходят и **взбросы** (б на рис. 193).

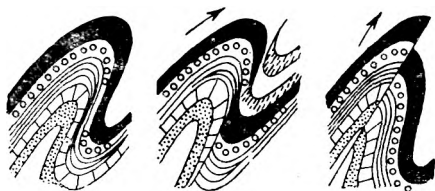


Рис. 190. Превращение опрокинутой складки в складку-взброс вследствие разрыва растянутого крыла и разрыва по оси складки.

Трещина, разорвавшая пласты, называется **сбросователем**; если она не вертикальна, а наклонна, что бывает в большинстве случаев, то пласты, находящиеся над ней, называют **висячим крылом**, а пласты под ней — **лежачим крылом**.

Разница между сбросом и взбросом состоит в том, что при первом висячее крыло опускается, а при втором поднимается относительно лежачего. При этом оборванные трещиной концы пластов, трущиеся друг о друга, немного загибаются вдоль трещины, и по загибам легко определить, происходил ли сброс или взброс, как показывает сравнение обеих частей (рис. 193).

При разрыве перемещение пластов вдоль трещины происходит иногда не вверх и вниз, а вбок, т. е. в горизонтальном направлении. Такую форму дислокации называют **сдвигом**. Его можно изобразить только в плане, а не в вертикальном разрезе, как остальные формы (рис. 195). При смещениях пластов вдоль трещин вертикальное движение нередко сочетается с горизонтальным, и в итоге происходит смещение в наклонном направлении, результат которого называют **сбросо-сдвигом**.

Сбросы и сдвиги хорошо знакомы всем горнякам по горькому опыту. Встречая трещину, по которой произошло смещение в земной коре, горняк видит, что пласт угля или жила руды, которые он разрабатывал, внезапно исчезают, как обрезанные, и забой, т. е. рабочий конец горной выработки, упирается в пустую породу. Продолжение пласта угля или рудной жилы приходится искать, повернув выработку вправо или



Рис. 191. Опрокинутые и взброшенные складки древних сланцев.
Рена Кадали, Бодайбинский район, Восточная Сибирь.

(Фото В. А. Обручева, 1891)

влево, вверх или вниз. При этом руководятся разными признаками, известными горняку и позволяющими определить, какого рода нарушение — сброс, взброс или сдвиг — имело место, чтобы направить выработку не наугад, а в надлежащую сторону.

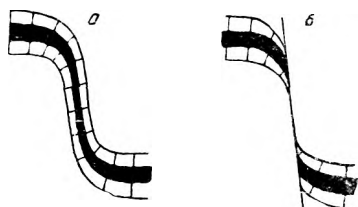


Рис. 192. Флексура (а), перешедшая в сброс (б).

Следует сказать несколько слов об элементах залегания пластов, определение которых необходимо при изучении дислокаций.

Если мы проведем горизонтальную линию *AB* через наклонный пласт, она покажет, куда пласт тянется, и будет называться линией простирания. Перпендикуляр, проведенный к ней в плоскости пласта *CD*, называется линией падения, так как он соответствует наибольшему уклону этой плоскости. Направление этих линий определяют посредством компаса, а угол падения — посредством клиномера. Всего легче

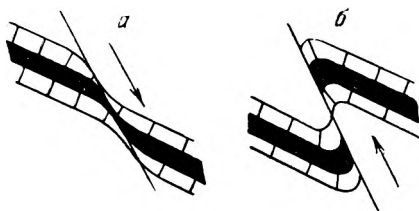


Рис. 193. Сброс (а) и взброс (б) с загибами концов пластов.

производить все эти определения особым компасом, который называется горным и имеет клиномер. Определение простирания складки производится измерением простирания пластов в разных местах крыльев по длине складки; оно может меняться в связи с изгибами складки. Падение крыльев измеряется на них; оно также меняется от седла вниз, становится то круче, то положе при второстепенных изгибах.

В сбросах и взбросах нужно измерять простирание и падение плоскости сбрасывателя, а также пластов в висячем и лежащем крыльях, что позволит определить тип смещения, а в связи с изучением других признаков даст возможность определить направление смещения, и даже в иных случаях размеры его, т. е. амплитуду сброса или взброса (рис. 196).

При больших сбросах и взбросах целые крупные участки земной коры в виде клиньев и глыб перемещаются относительно

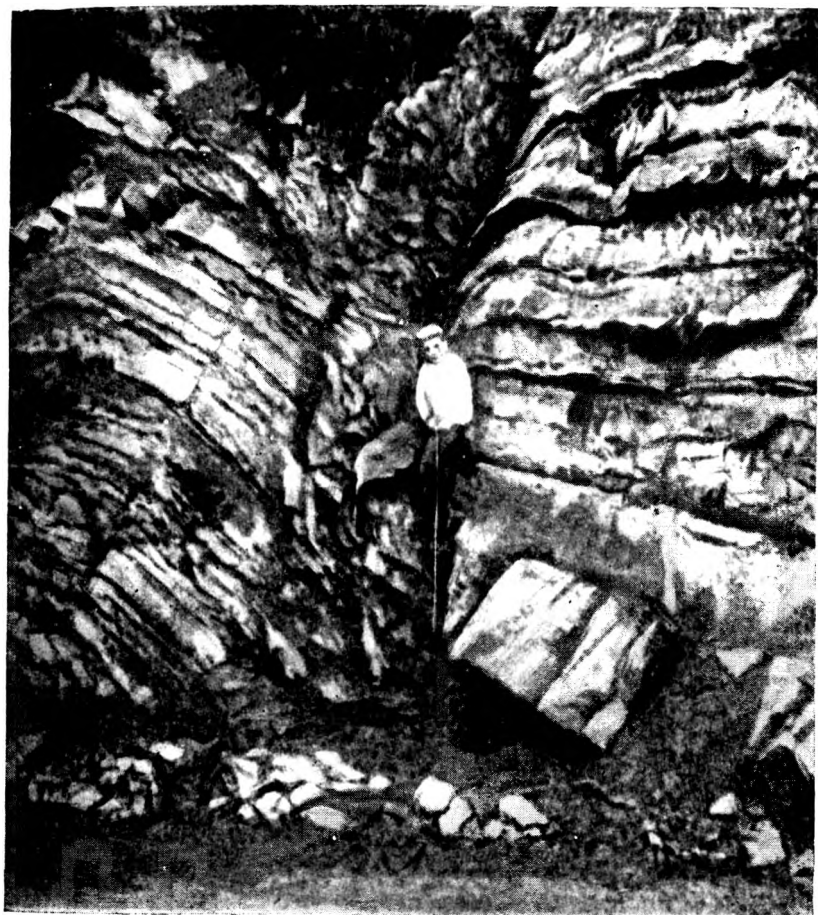


Рис. 194. Сброс с загибом концов пластов в третичных слоях правого берега реки Куры, Боржоми, Кавказ.

(Фото В. А. Обручева, 1912)

друг друга и создают возвышенности и впадины, но другого типа, чем при складчатых движениях, как мы узнаем ниже. Эти разрывы уходят на большую глубину, и поэтому магма пользуется ими, как самым легким путем для поднятия вверх. Трещины разрывов служат каналами лакколитов и вулканов, а заполняясь магмой, превращаются в секущие жилы изверженных пород. Но, конечно, далеко не все трещины, образовавшиеся при дизъюнктивных дислокациях, превращаются в жилы.

Большинство их остается пустыми или заполнено обломками пород висячего и лежащего крыльев, оторвавшимися от них при смещениях и образующими брекчию трения (рис. 199).

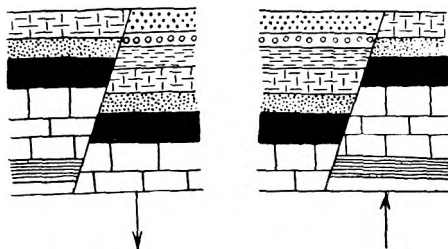


Рис. 195. Сдвиг (в плане).

Трещины отдельности. Кроме этих трещин, связанных со складчатыми дислокациями и с сбросами, в горных породах мы видим еще больше трещин другого происхождения. Расплавленные массы, излившиеся на поверхность или застывшие на глубине, первоначально были сплошными. Но при затвердевании они сокращались в объеме и поэтому разрывались трещинами разных направлений — одни на большие глыбы, другие на столбы, третьи на толстые или тонкие плиты. Осадочные поро-

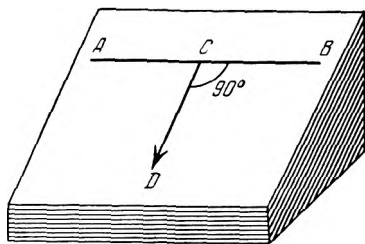


Рис. 196. Простираие АВ и падение CD пласта.

ды после своего отложения в виде тонких или толстых пластов также подверглись изменению; мы знаем, что они отвердели; но, кроме того, при высыхании, когда они вышли из-под воды, они тоже сократились в объеме и расщелились трещинами. Эти трещины, образующиеся в массивных породах вследствие охлаждения и в слоистых — вследствие усыхания, называются трещинами

отдельности в отличие от трещин, обусловленных давлением при образовании складок, сбросов и сдвигов. В горах мы часто находим те и другие трещины рядом.

В граните, застывшем на глубине, мы видим характерные трещины отдельности, называемой матрацевидной, ввиду того, что она разбивает гранит на части, имеющие форму матрацев. На рис. 176 видна прекрасная столбчатая отдельность, свойственная базальтовой лаве, т. е. породе, излившейся на поверхность. Кроме этих двух форм отдельности,



Рис. 197. Трещины разломов в древнем фундаменте Южной Швеции,
ясно отражающиеся на рельефе.
(Снимок с самолета)

бывает еще параллелепипедальная, при которой порода разбита тремя системами трещин на параллелепипеды разной формы; затем пластовая и плитчатая, при которой порода разбита одной системой трещин на пласты или плитки; далее сферондальная или шаровая, при которой порода распадается на шары одинакового диаметра.

В высоких обрывах берегов рек и морей или на склонах гор можно наблюдать огромные складки, в которых один и тот же пласт поднимается в седле на сотни метров. В других складках можно обнаружить, как пласты удивительно перемяты, перекручены, извиваются змееобразно, наползают друг на друга. В трещинах сбросов наблюдениями выяснено, что смещение пластов висячем крыле относительно тех же пластов (т. е. бывшего продолжения первых) в лежащем крыле также достигает сотен метров. Познакомившись, таким образом, с различными формами дислокаций и с их амплитудой, т. е. величиной смещения, мы неминуемо приходим к выводу, что сила, которая произвела все эти нарушения первоначального горизонтального или слабонаклонного положения пластов земной коры на дне водного бассейна, должна быть громадной. И, понятно, нам хочется знать, что вызвало эту силу, т. е. какова причина дислокаций, этих грандиозных нарушений строения земной коры. Этот вопрос мы рассмотрим позже, так как сначала нам нужно еще познакомиться с главными формами возвышенностей, которые созданы дислокациями на земной поверхности.

Формы гор на Земле очень разнообразны. В одних местах сила подземных движений чуть приподнимала пласты и вынуждала их в виде длинного и широкого вала или нескольких таких валов, разделенных промежутками, представлявшими долины между этими валами или гривами. В других местах эта сила действовала дольше, валы делались выше, склоны их круче. Но чаще дело не ограничивалось созданием таких ровных и спокойных складок, прекрасный пример которых дают нам горы Юры в Швейцарии.

Давление было сильное, складки вздымались все выше, на двигались друг на друга, опрокидывались и разрывались, а по трещинам из недр Земли поднимались расплавленные массы, заполняли пустоты, часто остававшиеся в ядрах складок, заставляли в них или вырывались на поверхность и извергались, создавая вулканы и покровы лав.

Вследствие такого разнообразия проявления горообразовательных сил мы и находим на нашей Земле различные формы горных цепей, начиная от самых простых и кончая очень сложными. Самой простой формой будет плоский и широкий вал, представляющий одиночную складку и выраженный на земной поверхности в виде более или менее длинной гривы (или увала,



Рис. 198. Зеркало надвига на песчанике. Лаузиц, Хонштейн.
Германия.

как зовут в иных местностях такие возвышения) или холма. Если мы проследим такую гряду по всей ее длине, то увидим, что к обоим концам она понижается и мало-помалу сливается с окружающей равниной, тогда как в средней части имеет наибольшую высоту. Кроме того, мы заметим, что более длинные гряды редко тянутся прямо, а чаще загибаются своими концами в одну сторону, представляя плоскую дугу. Это общее свойство складок: в средней части, где давление было сильнее всего, складка поднялась выше и вместе с тем ее перемещение вперед, по направлению давления, было наибольшее, тогда как концы, где давление было слабее, отставали в этом движении. Поэтому дугообразная форма складок указывает нам, с какой стороны действовала сила: именно с той, в которую обращена вогнутость дуги (рис. 200). Другие складки в плане являются извилистыми, изгибаясь то в одну сторону, то в другую.

Если давление не прекратилось после образования первой складки, вслед за ней возникают вторая, третья, четвертая. Поэтому следующей формой гор будет несколько гряд (или увалов), более или менее высоких и крутобоких, которые тянутся одна возле другой, и все они в плане слегка дугообразно

изогнуты. В гористых странах мы часто и видим не одну горную цепь, а несколько, одну позади другой, причем самой высокой бывает то средняя, то крайняя. Между ними тянутся долины, называемые продольными.

Когда давление очень сильно и складки надвигаются одна на другую, эти отдельные цепи могут местами сливаться, и различать их становится труднее, в особенности если присоединяются

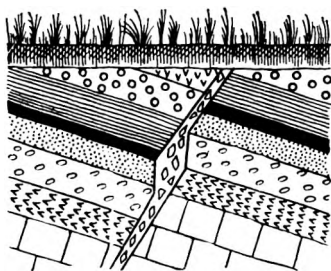


Рис. 199. Брекчия в трещине сброса.

разрывы и выходы изверженных горных пород. Разрывы и излияния встречаются более часто с вогнутой стороны дуги крайней складки, тогда как с выпуклой стороны чаще можно видеть складки опрокинутые, лежащие, надвинутые одна на другую, даже огромные надвиги.

Итак, мы можем теперь различать: 1) простой горный хребет или кряж, состоящий из одной складки; 2) сложный горный хребет из

нескольких складок, более или менее разделенных продольными долинами, и 3) горную страну, в которой складки тесно прижаты друг к другу, причем ширина всей совокупности складок только немного меньше длины, тогда как у горных хребтов длина всегда во много раз больше ширины (рис. 201).



Рис. 200. Дугообразная складка (в плане).

Большая часть гор на Земле представляет собой или сложные хребты или горные страны; таковы Урал, Кавказ, Алтай, Тянь-Шань, Альпы Швейцарии, Гималаи, Анды в Южной Америке и Кордильеры в Северной. Взгляните на карту, и вы увидите, как многие из них тянутся на сотни километров по материкам и все несколько дугообразны. Альпы обращены вогнутой стороной на юг к Италии, Карпаты — на запад к Венгрии. Алтай, Тянь-Шань, Гималаи — на север, а Кавказ, Урал и Анды образуют двойной изгиб. Ясно, что сила, создавшая эти горы, действовала в разных странах в различных направлениях. Кроме того, на карте мы заметим, что многие горы соединяются

друг с другом в очень длинные цепи: Кордильеры связаны с Андами и тянутся через два материка; Альпы соединяются с Карпатами и Балканами с одной, с Апеннинскими с другой стороны; Тянь-Шань примыкает к Алтаю на севере, к Памиру на



Рис. 201. Разрез складчатой горной страны после ее размытия. Прерывистыми линиями показаны воздушные седла, т. е. смытые части седел.

юге и через последний соединяется с Гималаями и с горами Ирана и Китая. Мы увидим, что главные, самые высокие и длинные горные цепи не являются отдельными случайными вздутиями земной поверхности, а повинуются в своем расположении какому-то общему закону и слагаются в длинные ленты.

Но, кроме того, мы видим местами и обособленные горы, отдельные возвышения, короткие горные цепи и небольшие горные страны; таковы, например, горы Англии, Франции, Германии в Европе, горы Северной Сибири, Аравии, Индии в Азии, горы Африки, горы Бразилии в Южной Америке, Аллегансы в Северной Америке, горы Австралии.

Горы дислокационные и вулканические. Изучение разрозненных гор показывает, что одни из них являются остатками прежних очень древних длинных горных цепей, разорванных на куски и частью уничтоженных: так горы Англии когда-то соединялись с горами Бельгии, Франции и Германии, а горы Новой Земли составляли продолжение Полярного Урала.

Другие горы являются представителями вулканического или сбросового, вообще не складчатого типа; так, горы Индии и Сибири между Енисеем и Леной и некоторые горы Африки сложены из покровов лавы, излившейся из трещин и залившей большие площади. Они имеют в общем ровную поверхность и называются плоскогорьями.

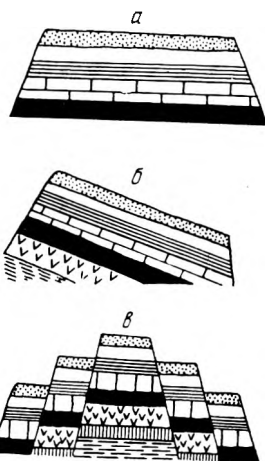


Рис. 202. Плоскогорья — горсты.

а — прямой; б — косой;
в — ступенчатый.

Крупные разрывы земной коры, сопровождаемые сбросами с оседанием или поднятием значительных площадей между трещинами, также создают плоскогорья, более или менее высокие столовые возвышенности различной длины и ширины. Иногда такая площадь поднимается одним краем больше, чем другим.



Рис. 203. Разрез складчато-глыбовых гор, представляющих ступенчатый горст.

и тогда плоскогорье будет косое, наклоненное в ту или другую сторону. Иногда соседние площади, разделенные трещинами, поднимаются на различную высоту, и тогда плоскогорье будет состоять из нескольких уступов, похожих на ступени гигантской лестницы. В Африке мы находим примеры крупных и мелких плоскогорий, созданных сбросами и состоящих из горизонтально залегающих или слабонаклоненных пластов.

Такие плоские возвышенности, поднятые между двумя разломами, называют горстами, а впадины, долины, обусловленные опусканием полосы земной поверхности между двумя разломами, называют грабенами. Горст может быть косой, как указано выше, или даже однобокий, если разлом прошел с одной стороны; он бывает и ступенчатый при наличии нескольких разломов и поднятии клиньев земной коры на разную высоту (рис. 202). Окраины горстов обычно уже пострадали от размыва; в них бывают врезаны овраги и даже ущелья, а старые горсты расчленены по всей своей массе на горы.

Часто крупные разломы земной коры происходят в тех местах, где складчатые дислокации создали уже раньше горные цепи или целые горные страны, которые затем были уничтожены размывом, как мы это узнаем далее. Тогда отдельные площади между трещинами состоят не из пластов в их первоначальном, т. е. горизонтальном, залегании, как в предыдущем примере, а имеют сложное строение из первоначальных складок разного типа — прямых, косых, опрокинутых — и разного направления.

В результате мы получаем плоскогорья и горные страны в виде горстов сложного характера. Таких гор на Земле очень много: Урал, Тянь-Шань, Алтай, Саяны в СССР, Скалистые

горы в Северной Америке и другие относятся к этому типу (рис. 203).

Но и в собственно складчатых горах дизъюнктивные дислокации, развивающиеся одновременно с пликативными или после них, составляют очень распространенное явление. Мы уже



Рис. 204. Разрез северного склона Главного Кавказского хребта от ущелья Дарьяла до города Орджоникидзе.

знакомы с отдельной складкой-взбросом; в некоторых горных хребтах эти взбросы рассекают уже не отдельные складки, а целые пачки складок, смещая их друг относительно друга. Пример таких гор, с преобладающим складчатым типом, но с сильным развитием взбросов, представляет Кавказ, часть которого показана в разрезе на рис. 204.

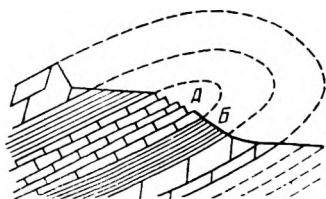


Рис. 205. Размытая опрокинутая складка.

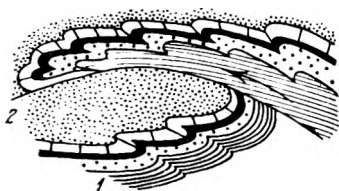


Рис. 206. Развитие шарнажа из лежащей складки.

Вполне понятно, что в первоначальном положении пластов более молодые лежат сверху, более древние внизу. Но при складчатости положение нередко становится перевернутым: в опрокинутой, или лежащей, складке пласты, составляющие ее внутреннюю часть, т. е. ядро, конечно, древнее, чем пласты в крыльях, хотя они лежат выше, чем пласты в опрокинутом крыле. Если верхнее крыло будет уничтожено размывом, то в обнажении мы увидим ненормальное соотношение пластов — вверх более древние А, а под ними более молодые В (рис. 205). В сильно опрокинутых, до лежачего положения, складках при дальнейшем напоре горообразовательного давления могут получиться еще более сложные нарушения. Эта складка продолжает свое движение вперед; пласты в опрокинутом крыле, прижатые всей массой антиклинали к лежащей под ней синклинали, растягиваются все больше, наконец, разрываются,

и антиклиналь, лишившись опрокинутого крыла, может скользить более свободно — по ядру синклинали. В результате верхнее крыло антиклинали превращается в покров так называемого *шариажа*, в котором наиболее древние породы ядра антиклинали 1 лежат на самых молодых ядрах синклинали 2 (рис. 206). Такие шариажи обнаружены в Альпах Швейцарии, в Скандинавии, Шотландии и в других местах. Перемещение оторванной верхней части лежащей складки по направлению движения может достигать целых километров, а по мнению некоторых ученых даже десятков километров.

Итак, горы Земли по способу образования представляют два основных типа: а) горы дислокационного происхождения и б) горы вулканического происхождения. Но не нужно думать, что в горах первого типа изверженные породы отсутствуют. При всех более сильных дислокациях происходит внедрение магмы в ядра образующихся складок, и поэтому в горах этого типа, особенно в глубоко размытых, изверженные породы представлены. После образования складок в этих горах нередко начинаются вулканические извержения вследствие прорыва магмы из глубины. Таким образом, в горах дислокационного типа как интрузивные, так и эффузивные породы часто присутствуют в значительном количестве. Но вулканические горы целиком состоят из излившихся пород — лав и туфов.

Типы дислокационных гор. Горы дислокационные в зависимости от рода дислокации можно разделить на следующие типы:

1. Горы складчатые, сложенные преимущественно из складок, по сравнению с которыми сбросы и надвиги играют незначительную роль, хотя почти всегда имеются. Юрские горы в Швейцарии являются примером наиболее простых складчатых гор (см. рис. 201).

2. Горы складчато-взбросовые, в которых складки сильно осложнены одновременными и позднейшими взбросами и надвигами. Этот тип очень распространен; в Советском Союзе к нему можно отнести Урал и Кавказ (см. рис. 204).

3. Горы покровные, состоящие главным образом из лежащих складок, превратившихся в покровы шариажа. Швейцарские Альпы считаются лучшим примером этого типа.

4. Горы глыбовые или сбросовые, созданные только сбросами, расчленившими кору на отдельные глыбы, в которых пласты горизонтальны или наклонены полого в одну сторону. Обычно они представляют плоскогорья; особенно распространены в Африке; в СССР к этому типу относятся плато Усть-Урт, расположенное между Каспийским и Аральским морями, и Уфимское плоскогорье на Урале (см. рис. 202).

5. Горы сбросово-складчатые, в которых глав-

ное значение также имеют разломы, но отдельные глыбы слегка складчаты или изогнуты: складки ломались уже во время возникновения. Такие горы находятся в средней и северо-западной Германии.

6. Горы складчато-глыбовые отличаются тем, что после более или менее сильной складчатости, даже с надрывами, они были глубоко размыты, а затем разломы и сбросы разбили их на отдельные глыбы, в которых сохранилась первоначальная складчатость. Таковы горы Азии — Алтай, Саяны, Тянь-Шань, Становой хребет (см. рис. 203).

Все эти типы связаны друг с другом переходными формами. *Разрушение и уничтожение гор.* Человек, не знакомый с основами геологии, имеет право спросить: разве горы, состоящие из твердых каменных пород, могут разрушаться? Разве они не должны стоять тысячи и сотни тысяч лет в том же виде, в каком их создали силы природы? Ведь мы видим, что на вершинах гор, на отдельных скалах стоят развалины древних замков, башен. Эти сооружения человека, воздвигнутые много веков назад, успели разрушиться, а скала под ними цела; она стояла раньше, чем на ней построил здание человек, стоит и теперь как будто в том же виде, почему бы ей, как говорится, не стоять «до скончания века».

И все-таки горы разрушаются и даже до самого основания. Там, где когда-то были высокие горы, мы часто видим теперь холмики или даже ровное место. На Украине, в Кривом Роге и в Донецком бассейне, прежде были высокие горы, а теперь там расстилаются волнистая равнина и плоские увалы. Казахский мелкосопочник когда-то представлял ряды горных цепей, а теперь на месте гор остались холмы и равнины. Урал в свое время был гораздо выше, состоял во всю ширину из скалистых горных цепей, в несколько рядов тянувшихся от Ледовитого океана почти до Каспийского моря; теперь на восток от водораздела он состоит из низких гряд и увалов и переходит незаметно в Западно-Сибирскую низменность.

Читатель, познакоившись с первыми главами этой книги, не будет сомневаться в том, что горы разрушаются. Он уже знает, какую работу неустанно ведет текучая вода, размывая пласты земной коры, как ей помогает подземная вода, как ледник, ползущий по долине, истирает свое ложе и уносит обломки, падающие со склонов, где силы выветривания непрерывно работают над разрушением скал. Все эти геологические деятели трудятся день и ночь над уничтожением всех неровностей земной поверхности, которую они стремятся превратить в конце концов в равнину, едва поднятую над уровнем моря, так что дождевая вода должна везде застаиваться, а не скатываться, — потому что, пока есть сток, вода должна работать.

Каждая складка горных пород, образовавшаяся вследствие бокового давления, первоначально представляла собой плоский и широкий или крутой и высокий более или менее длинный вал, поднимавшийся горбом над поверхностью земли. В более крутых, особенно в опрокинутых складках по гребню этого вала могли произойти продольные разрывы, если давление достигало такой силы, что верхние пласты не выдерживали его и ломались. Плоскогорье, созданное сбросами, первоначально представляло собой узкую или широкую, низкую или высокую крутобокую массу с ровной поверхностью, часто с уступами с одной или двух сторон. Плоскогорье, образованное вулканическими излияниями по трещинам, т. е. покровами, имело такой же вид. Итак, все горы в том виде, в каком их создали горообразовательные силы, не представляли разнообразия очертаний и должны были утомлять глаз наблюдателя своими одинаковыми тяжелыми формами. Одни только вулканы, нагроможденные из потоков лавы и толщ обломков и пепла, могли вносить некоторое разнообразие в очертания гористых частей земной поверхности.

Вся красота, все разнообразие горных видов создаются силами разрушительными, о работе которых мы говорили. Эти силы принялись за свою работу уже в то время, когда созидательные силы начали свою деятельность, потому что складки и сбросы создавались очень медленно. Как только складка или край сброса поднялись хоть немного над равниной, на них начали действовать жар и холод, дождь и снег, ветер и растения. Изодня в день, из года в год целые века эти силы грызли, сверлили, точили, разъедали плоские гребни складок, ровные обрывы сбросов, а дожди смывали и ветры сдували все, что подготовили им их помощники. И вот мало-помалу в бока складок, в обрывы сбросов врезались борозды; эти борозды расширялись и углублялись в рывтины; рывтины превращались в овраги; овраги росли, ветвились и становились долинами или ущельями. Гребни складок, края сбросов стали зубчатыми, появились разнообразные скалы, башни, стены, осыпи.

Созданию разнообразных форм очень помогает то, что не все горные породы одинаково сопротивляются выветриванию: разрушительные силы, конечно, работают успешнее, скорее в породах менее крепких, легче распадающихся на свои частицы или легче растворяющихся в воде. Направ на такой пласт или свиту таких пластов, разрушительные силы особенно быстро врезаются в них, а соседние более крепкие породы остаются стоять в виде стен, башен, скал, которые, конечно, тоже разрушаются, но медленнее.

В высоких горах, поднимающихся вершинами и гребнями выше пределов растительности, разрушительной работе воды

много помогают морозное выветривание, снег и лед. Скалы и гребни распадаются на обломки и щебень, сила тяжести и земные лавины сбрасывают их вниз, а ледники выносят дальше.

Так работают разнообразные силы над разрушением гор, и после многих и многих тысяч лет такой работы однообразные некрасивые первоначальные складки, ровные плоскогорья превращаются в красивую, глубоко и разнообразно расчлененную горную страну с цепями зубчатых вершин, живописными скалами, отвесными утесами, крутыми склонами, осыпями и россыпями глыб и щебня, широкими и узкими долинами, ущельями, водопадами, бурными речками, ледниками. Эта красота, это бесконечное разнообразие горной природы достигнуты медленной, но неустанной работой незаметных сил; чем выше поднимались когда-то горные складки или плоскогорья, чем круче были их склоны, чем больше разнообразных пород входило в их состав, тем большее разнообразие очертаний и красок видимы в них теперь. Плоские и низкие складки расчленились меньше, однообразные породы дали и более однообразные формы.

Красота и разнообразие гор зависят также отчасти от того, находятся ли горы на севере, в холодном поясе, или на юге, в теплом поясе земного шара, потому что работа разрушительных сил сама зависит от климата страны, т. е. от количества дождя и его распределения, от числа теплых и холодных дней, от степени жары и морозов, от облачности и т. п.

В горах севера красоты меньше; там слишком долго царствует зима, а лето слишком короткое и сырое; зимой под толстым слоем снегов разрушительные силы дремлют, и только отдельные скалы, торчащие над снегом, выветриваются; но один из самых крупных работников разрушения — вода — много месяцев в году бездействует или работает в руслах рек подо льдом гораздо слабее. Из-за обилия влаги склоны гор одеты густым лесом и покрыты подушками мхов, которые тоже замедляют работу части разрушительных сил. Долины сильно заболочены или заросли кустами, и речки получают мало материала для выноса вниз. Весь ход выветривания здесь замедлен, скал и утесов мало, ветру, солнцу и морозу делать почти нечего.

Только на Крайнем Севере, за Полярным кругом, где уже почти нет растительности, высокие горы опять красивы, но красота их довольно однообразна. Там из-под толщ снегов и льдов пробиваются нередко острые гребни и скалы, чернеют отвесные обрывы, на которых не держится снег. На этих гребнях, скалах, обрывах работают, чередуясь, долгой зимой, весной и осенью мороз и ветер, коротким летом — солнце и вода, а на всей остальной площади — только снег и лед. Эти горы Крайнего Севера можно приравнять к самым верхним частям высоких гор в других поясах Земли, поднимающимся в царство вечной

зимы. И там и здесь разрушительные силы одни и те же, и работают они одинаково.

На юге, где подножие гор находится в теплом и влажном климате, а вершины увенчаны снегами, красота и разнообразие гор проявляются особенно сильно, потому что все разрушительные силы работают здесь с наибольшим успехом.

Но красивы также высокие горы пустынь, хотя красота их особенная. Здесь почти сверху донизу царство голого камня; везде голые утесы, скалы, гребни, осыпи; скудными пучками мелкой травки или кустиками покрыты менее крутые склоны, а на дне долин вдоль редких ключей приютились роицы деревьев, кустов, небольшие заросли камыша, дающие отдых путешественнику и корм его животным. Но формы этих гор очень разнообразны и расчленение сильное и глубокое; разрушительные силы здесь работают усердно, но не все одинаково. Здесь мало влаги, мало растений, и поэтому выветривание, обусловленное растительностью и водой, просачивающейся в почву, очень слабо. Зато жар и мороз на склонах, почти оголенных от вершин до подножия, находят себе обильную работу, как и ветер, дующий в пустыне особенно часто. С первым лучом восходящего солнца обыкновенно просыпается и ветер, дует, все усиливаясь, целый день и затихает только после заката. Он выметает все, что днем ему готовит жар, а ночью холод на голых утесах. Дожди здесь редки, но зато, если дождь разразится, это обыкновенно бывает ливень. С голых скал, с почти не закрепленных растениями склонов он смывает все, что не успел или не смог подобрать ветер. По логам и долинам, в которых месяцами нет ни капли воды, несутся бешеные потоки грязной воды; они ворочают камни, вырывают кусты и выбрасывают все это на равнину у подножия гор, где вода растекается и теряет свою силу.

В знойном и влажном климате тропических стран горы опять имеют иной вид. С подножия до вершин они одеты густыми лесами, по которым без топора пробираться невозможно. Утесы и скалы редки и прячутся в чащах; горные породы скрыты от жара и холода, но тем усерднее работают растения и обильная влага, пропитывающая почву, так что на целые метры в глубь от поверхности горные породы совершенно разрушены, превращены в красную глинистую породу — латерит, богатую гидроокислами железа и алюминия.

Так, в зависимости от положения гор в том или другом климате меняется работа разрушительных сил природы. Но нет такого места на Земле, где бы эти силы так или иначе, одни слабее, другие сильнее, не трудились над разрушением гор.

Итак, разрушительные силы природы создают из однообразных горных складок и ровных поверхностей сбросов и из вулканических сооружений разнообразные и красивые горы. Но их



Рис. 207. Форма альпийского типа в умеренном климате.
Гора Маттерхорн, Швейцарские Альпы.

работа на этом не останавливается; их задачей не является создание красот природы: красота гор получается попутно и является временной, преходящей.

Задача разрушительных сил — полное уничтожение гор. Снести все эти зубчатые гребни, острые вершины, крутые утесы, стереть с лица Земли, выровнять до основания — вот к чему стремятся эти силы. И пока над равниной возвышается хоть один холм, торчит хоть один камень — они не могут успокоиться, прекратить свою работу. Они должны все уничтожить, чтобы солнечный луч не падал ни на одну скалу, чтобы дождь не мог смыть ни одной песчинки, чтобы ветер мог гулять на полном просторе, не встречая никаких преград. И рано или поздно, в зависимости от высоты гор и твердости горных пород, разрушители исполняют свою задачу, и красивые горы исчезают с лица Земли.

Если мы будем сравнивать друг с другом различные горные цепи нашей Земли, мы убедимся, что далеко не все имеют одинаковую высоту и одинаковые очертания. В одних местах мы

видим такие высокие и красивые горы, как Алтай, Кавказ или Швейцарские Альпы, с глубокими и тесными ущельями, острыми вершинами и гребнями, крутыми скалистыми склонами, словом, такие горы, которые вообще называются альпами или альпийскими (рис. 207 и 208) вследствие их сходства с Альпами Швейцарии, которые первыми были изучены хорошо и потому служат примером для сравнения. В других местах мы видим горы менее высокие, менее красивые, с округленными вершинами, похожими на купола, с ровными или волнистыми широкими гребнями, с менее крутыми склонами, более бедные скалами, обрывами, ущельями. Таковы горы Среднего Урала, многих местностей Сибири (рис. 209) и Южной Германии. Это горы средней высоты.

А в иных местах мы видим горы еще более низкие, в виде широких и плоских грив без вершин или с мало заметными вершинами, с пологими склонами, широкими долинами, почти лишенные главной красоты — скал, ущелий, обрывов, водопадов. Таковы горы Тимана, Пай-Хоя, Мугоджары и Губерлинские Южного Урала, горы Северной Германии. В других местах мы встретим горы, или не горы, а скорее холмы, порознь, рядами и кучками рассеянные среди степи или разделенные широкими, в несколько километров долинами и котловинами, горы, почти лишенные оживляющих речек и ручьев и утомительно однообразные по своим очертаниям, словно их делали по одному образцу. Таковы горы Казахстана, презрительно называемые мелкосопочником; только кое-где среди них поднимаются отдельные скалистые вершины или целый зубчатый крайчик и позволяют глазу отдохнуть от однообразия, надоевшего на протяжении десятков километров (рис. 210).

Наконец, есть такие места, где только по отдельным холмикам, по выходам различных горных пород, образующим остатки складок среди ровной сухой степи, пустыни или северной тундры, можно догадаться, что и здесь когда-то поднимались горы, синели гребни, шумели речки. Такова местность по восточному подножию Урала, во многих частях обширной степи Гоби в Монголии и на севере Кольского полуострова.

Все эти горы, мало похожие одни на другие, наглядно показывают нам различные степени разрушения. Они доказывают, что твердые каменные горы совсем не вечны, что они так же меняются и со временем исчезают, как и все остальное на нашей Земле. Но только для уничтожения гор нужно много времени — десятки и сотни тысяч лет.

Разрушительные силы работают в горах незаметно, но неутомимо, то замедляя, то ускоряя свою работу в зависимости от времени года, погоды, местности. Красивая скала, которой мы любимся, острая вершина, врезающаяся в синеву неба, кажутся



Пещеры в лессовой толще в провинции Шэньси, уезд Сифгань,
Северный Китай.

(Фото А. С. Кель)



**Рис. 208. Альпийский рельеф. Вершина Белуха и моренное озеро
на Берельском перевале, Алтай.**

(Фото И. С. Моторина)



**Рис. 209. Горы средней высоты. Долина реки Енисея, ниже
Большого порога**



Рис. 210. Мелкосопочник Казахстана. Карагайлинские горы

нам неизменными, вечными. Но если бы мы точно обмерили и сфотографировали их и смогли вернуться на то же место через сотню-другую лет, то новый обмер и сравнение нового снимка с прежним показали бы нам, что и скала и вершина изменили свою форму и высоту. В результате неустанной работы разрушительных сил гребни и вершины гор понижаются, скалы меняют свои очертания, исчезают в одном месте, возникают в другом, склоны то становятся круче, то сглаживаются.

Пройдут миллионы лет, и если бы мы могли вернуться к жизни и взглянуть на какие-нибудь хорошо знакомые нам горы, мы были бы поражены происшедшей переменой. На месте альпийских гор мы нашли бы мягкие, сглаженные: исчезли бы острые вершины, поднимавшиеся за облака и увенчанные снегами; исчезли бы ледники, притупились бы острые гребни, расширились бы долины, склоны стали бы пологими, не было бы ни скал, ни обрывов, ни ущелий. На дне долин вместо бурных потоков, ревущих по громадным валунам, струилась бы мирная речка среди зарослей кустов.

А еще спустя много веков на том же месте мы увидели бы плоские холмы, широкое ровные увалы или даже настоящую равнину.

Сравнение рис. 207—210 иллюстрируют эти преобразования.

Так постепенно уничтожаются горы. Но чем дальше идет разрушение, тем медленнее подвигается оно. Чем выше горы, чем круче склоны, чем больше в горах острых гребней, скал, ущелий, тем дружнее и успешнее работают разрушительные силы. Когда гребни округлятся, скалы исчезнут, склоны станут

пологими, — разрушение все больше замедляется. Толстый слой элювия и делювия закрывает коренные породы и предохраняет их от сильных колебаний температуры, от дождя и ветра; только грунтовая вода продолжает в глубине свою работу. С поверхности дождевые и снеговые воды мало-помалу смывают мягкую



Рис. 211. Разрез почти-равнины, образовавшейся на месте древних складчатых гор.

почву и спосят в долины, но вместо нее нарастает новая. Поэтому низкие, сильно сглаженные горы более долговечны, чем высокие. Но и им не миновать неизбежного конца — превращения в равнину, над которой только кое-где возвышается плоский холм или гривка — остаток прежних вершин и гребней. Такая равнина, оставшаяся на месте гор, называется *почти-равниной*, а возвышающиеся среди нее гряды, гривы, холмы называются *останцами* (рис. 211). На рис. 212—214 изображены остаточные горы разного рода, получавшиеся при уничтожении гор, а на рис. 215 и 216 — долина размыва и долина, проложенная по сбросу.

Возрождение гор. Итак, горы исчезают, разрушаются до самого основания. Незаметные, но могучие силы в неустанной работе источили, изъели громады, поднимавшиеся за облака, а вода ручьев и рек и ветер разнесли их, песчинку за песчинкой в точном смысле этого слова, по всем окрестностям страны и в ближайшие озера и моря. В руслах рек, на дне озер и морей из обломков разнообразных горных пород, слагавших исчезнувшие горы, образовались новые осадочные породы — песчаники, пески, глины, сланцы, целые толщи пластов.

Опять пройдут века, и на месте этих озер и морей горообразовательные силы воздвигнут складки новых гор, в составе которых главное участие примет материал, принадлежавший этим существовавшим ранее, но исчезнувшим горам. Но нередко горы возрождаются в новом виде на своем прежнем месте.

Почти-равнина, созданная на месте горной страны, рассекается трещинами больших разломов, разрывающих земную кору на большую глубину. Под давлением горообразовательных сил длинные полосы почти-равнины в виде клинообразных глыб земной коры перемещаются вверх, одни больше, другие меньше, и из равнины создается ступенчатое плоскогорье (рис. 203). А разрушительные силы, совершенно ослабевшие



Рис. 212. Останцы известновых гор в субтропическом климате;
провинция Гуинси, Южный Китай.



Рис. 213. Останец в умеренном климате (третичные известняки).
Гора Тепе-Кермен, Крым.
(Фото В. А. Обручева, 1902)

на выглаженной или почти-равнине, вместе с появлением крупных неровностей рельефа, немедленно возобновляют свою работу: опять начинается разрезание окраин уступов, углубление в них ущелий и долин, расчленение ступеней плоскогорья; появляются гребни, вершины, седловины, и плоскогорье превращается в горную страну складчато-глыбового типа.

Такие возрожденные горы мы найдем в разных странах. Например, Алтай когда-то, очень давно представлял складчатую горную страну, которую разрушительные силы уничтожили, превратили в почти-равнину. Затем, уже гораздо ближе к нашему времени, почти-равнина была разломана, поднята и превращена в ступенчатое плоскогорье, из которого проснувшиеся разрушительные силы создали современный Алтай с сохранившимися остатками почти-равнины в виде выровненных площадей на разной высоте; вместе с тем пласты горных пород образуют везде крутые и сложные складки, направление которых часто не соответствует направлению нынешних цепей и гребней. Это показывает, что современные формы этих гор не соответствуют их внутреннему строению, которое определяет нам их древние формы. Но и новому Алтаю в далеком будущем грозит та же судьба; он также будет уничтожен, вторично превращен в почти-равнину.

Геосинклинали и платформы. Особо подвижные пояса земной коры, в которых при дислокациях возникают складчатые горные цепи, называют геосинклиналями, т. е. синклиналями (вдавленностями) Земли.

В этих поясах земная кора образует прогиб, в большинстве случаев заливаемый морем. С окружающей суши в геосинклиналь сносятся продукты размыва и отлагаются толщи осадочных горных пород — песчаников, сланцев, известняков. Эти толщи, конечно, в короткое время должны заполнить геосинклиналь, но последняя, вследствие своей подвижности, продолжает опускаться, прогиб периодически возобновляется, так что в конце концов в геосинклинали накапливаются огромные толщи осадков.

А затем рано или поздно начинается обратное движение — не погружение, а поднятие, и горообразовательные силы создают в геосинклинали складчатые горные цепи, которые поднимаются над уровнем моря.

Полагают, что геосинклиналь может остаться также и незаполненной, представляя собой прогиб в пределах материка, в который будет сноситься материал в виде континентальных отложений с соседних возвышенностей; при периодическом погружении и в такой геосинклинали могут накопиться большие толщи осадочных пород и, наконец, возникнуть складчатые горы. В качестве такой наземной геосинклинали указывают



Рис. 214. Останец древнего вулкана. Гора Калмык-Тологой из порфирита и его туфов в Калбинском хребте, Казахстан.
(Фото В.А. Обручева, 1911)

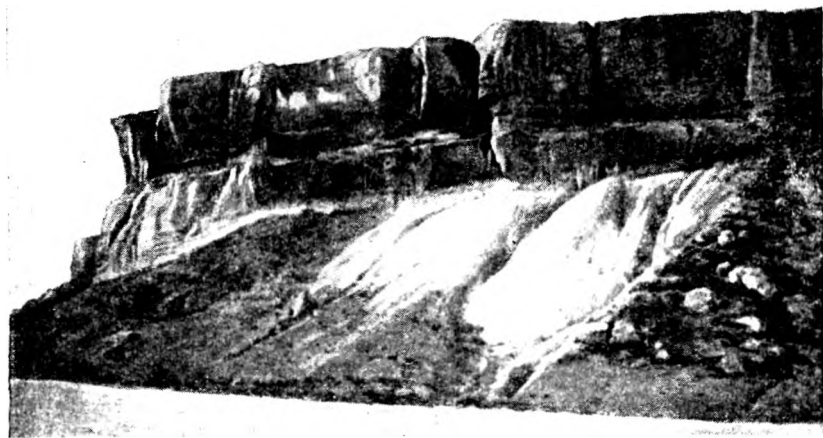


Рис. 215. Долина размыва в пологопадающих пластах. Река Кача в Крыму, близ Бахчисарая.
(Фото В. А. Обручева, 1902)



Рис. 216. Долина размыва по трещине сброса в крутопадающих пластах. Река Дарбу́ты в хребте Джаир, Джунгария.

(Фото В. А. Обручева, 1909)

равнину реки Ганг вдоль подножия Гималаев, где уже накопились очень мощные толщи осадков, обнаруженные в буровых скважинах и доказывающие медленное погружение этой местности.

П л а т ф о р м ы противопоставляют геосинклиналям в качестве более устойчивых в данную геологическую эпоху площадей земной коры.

Орогенез и эпейрогенез. Дислокационные процессы, создающие горы любого типа, называют орогенными (горы рождающими) и полагают, что они являются сравнительно кратковременными, представляя эпизод в истории развития земной коры, сравнимый с революциями в истории человечества, при которых скрытые, долго подавлявшиеся силы народных масс, приходят в движение и резко изменяют существовавший до этого времени социальный строй. Так и орогенные короткие эпохи нарушают, изменяют строение земной коры, которая в промежуточные более продолжительные эпохи остается сравнительно спокойной.

Но только сравнительно, а не абсолютно. Полагают, что и в эти эпохи земная кора испытывает движения, смещения, но очень медленные, в противоположность быстрым, орогенным, и не изменяющие ее строения; их сопоставляют с эволюциями. Такие движения называют э п е й р о г е н н ы м и (материк рождающими, эпейрос — по-гречески материк), так как они выра-

яются поднятиями или опусканиями громадных площадей, целых материков в виде плоских выпучиваний или широких прогибов. Они доказываются медленным отступанием береговой линии, которое замечается по старым береговым валам, террасам, по образованию лагун, превращением островов в полуострова и т. п., или же наступанием моря, затоплением берегов. Эти движения называют также медленными колебаниями земной коры.

Впрочем, в последнее время некоторые ученые приходят к выводу, что и орогенные процессы являются очень медленными; это доказывается тем, что многие реки прорывают не только отдельные горные хребты, но целые горные страны, и такой прорыв можно объяснить только тем, что река древнее гор; горные складки возникали так медленно, что река успевала размывать их нарастание, сохраняя свое направление. Сомневаются также в существовании спокойных эпох в промежутках между орогенными и полагают, что земная кора все время испытывает медленные движения и что существенной разницы между оро- и эпейрогенезом нет. Медленные смещения береговой линии в ту и в другую сторону, погружение суши, а также дислокации самых молодых отложений подмечены в разных странах, и имеются доказательства того, что недавно, в современную геологическую эпоху, почти на всех материках имели место поднятия, достигавшие даже нескольких сот метров и выразившиеся усилением размыва в горных странах в связи с увеличившимся уклоном речных русел. Таким образом, и современная эпоха, которую считали спокойной, является так или иначе орогенной.

Причины дислокаций. Учеными высказано уже много разных предположений о причинах, вызывающих дислокации земной коры, но они до сих пор остаются только предположениями, т. е. гипотезами, так как наблюдать мы можем результаты дислокаций, а самый процесс их, разыгрывающийся на глубине и происходящий очень медленно, для наблюдения недоступен.

Наибольшим распространением пользовалась ранее гипотеза *контракционная*, т. е. гипотеза стяжения земной коры, возникшая уже в половине прошлого века. Она принимает, согласно гипотезе Лапласа, что Земля была раскаленным телом, постепенно остывавшим и покрывшимся твердой корой. Но горячее земное ядро продолжает терять тепло излучением в мировое пространство. Наблюдения в шахтах и буровых скважинах доказывают, что с углублением в земную кору мы встречаем все более и более теплые слои, как мы это уже знаем, а извержения вулканов подтверждают наличие высоких температур и расплавленных масс на глубине. Итак, недра Земли теряют тепло, а следовательно, должны сокращаться, как всякое тело при охлаждении; земная кора становится слишком

просторной для сократившегося ядра и поэтому должна морщиться, как морщится кожа яблока или картофеля при их высыхании, т. е. при потере воды мякотью и уменьшении ее объема. Морщение земной коры и выражается ее дислокациями. Складки горных пород представляют собой морщины. Этот процесс периодически должен повторяться. Потеря тепла происходит постоянно, но для дислокаций, для преодоления сопротивления горных пород смятию в складки необходимо, чтобы напряжение, развивающееся в земной коре, достигло значительной силы, т. е. накопилось. Поэтому дислокации происходят периодически, в определенные эпохи, разделенные продолжительными эпохами покоя, и распространяются одновременно на весь земной шар.

Предлагались и предлагаются и другие очень разнообразные гипотезы, которые мы не можем излагать и критиковать здесь. Достаточно сказать, что большинство из них основано на соображениях о разных процессах, происходящих на больших глубинах под твердой корой, как, например, о течениях, возникающих в магме, о дифференциации, т. е. о расчленении, магмы на части разного состава перед затвердеванием, о радиоактивном распаде (компенсирующем потерю тепла и даже с избытком, т. е. приводящем к расширению ядра вместо сжатия), о плавлении легких материков на тяжелом подстилающем слое и о их отставании при вращении Земли и т. п. К сожалению, мы не знаем еще ничего положительного относительно части этих процессов, не знаем даже, происходят ли они вообще на глубине, так что основа всех этих гипотез слишком шаткая и допускающая самые разнообразные толкования. Контракционная же гипотеза основана на непосредственных наблюдениях и неоспоримых фактах. Мы видим извержения вулканов, выбрасывающих в атмосферу массу тепла в виде горячих газов и паров; мы видим остывающие потоки лавы и множество горячих источников, также выделяющих тепло. Геологические исследования показали, что вулканические извержения происходили с самого образования земной коры и в иные эпохи в размерах, несравненно более грандиозных, чем в настоящее время. Лавы, газы и пары вулканов, вода и соли минеральных источников (которые также действовали во все геологические эпохи) представляют не только потерю тепла из глубин, но и огромную потерю вещества, перемещаемого из недр в самые поверхностные слои земной коры в виде опломбированных интрузий изверженных пород и на поверхность в виде лав, вод и газов.

Оставим без внимания самое земное ядро, о составе которого и о происходящих в нем процессах мы слишком мало знаем. Но вышесказанное о потере тепла и вещества из перифериче-

ских слоев этого ядра или нижних слоев земной коры неопровержимо говорит о том, что эти слои сокращаются в объеме, а поверхностные, получающие вещество в виде интрузий, эффузий и отложений источников, увеличиваются в объеме, т. е. становятся слишком просторными по отношению к нижележащим и должны, приспособляясь к последним, сокращаться.

Сокращение этих поверхностных слоев — бесспорный факт; многочисленные складки явно уменьшают площадь, которую занимали эти толщи прежде; взбросы и надвиги также являются сокращениями, и только сбросы говорят о некотором растяжении. Геосинклиналь — подвижный пояс в земной коре — после превращения в складчатый горный хребет или целую горную страну, несомненно, суживается. Обширные щиты: Канадский, Бразильский, Балтийский, Алданский, на которых выступают сильно складчатые древнейшие слои земной коры, явно занимают меньшие площади, чем занимали до складчатости.

При этом сокращении в земной коре и развивается сильное напряжение, главным образом тангенциальное, т. е. по касательной поверхности, действующее на толщи в горизонтальном направлении. Это напряжение и должно вызывать складчатость в мягких, пластичных еще толщах осадочных пород в поясах орогенных, в геосинклиналях. В устойчивых площадях, или платформах, не представляющих одного непрерывного монолитного целого, как иные думают, а состоящих из образовавшихся в разное время частей разной величины, разного состава и разной жесткости, т. е. представляющих грубую мозаику, напряжение разряжается выпиранием отдельных клиньев и участков вверх на разную высоту, возможно даже с опусканием некоторых, в надвигании их окраин друг на друга, которое сопровождается скалыванием и смещением целых толщ пластов, напозающих друг на друга, в смятии молодых поверхностных слоев осадочных пород в складки.

Если отказаться от предположения, что дислокации происходят быстро и только в определенные короткие эпохи, разделенные эпохами покоя, а принять медленность и непрерывность дислокаций, то отпадает и одно из существенных возражений против контракционной гипотезы, состоящее в том, что слои земной коры не могут накапливать и затем передавать на значительное расстояние развивающееся в них тангенциальное напряжение. Нужно считать, что дислокации происходят очень медленно и повсюду, где слои или участки земной коры в состоянии реагировать на напряжение теми или другими смещениями, изменениями своего залегания. Трение их друг о друга и закон инерции часто не позволяют этим слоям или участкам подчиняться напряжению немедленно и требуют известного накопления энергии. Последняя поэтому разрешается

иногда отдельными толчками, быстрыми смещениями пластов — изгибами, сбросами, которые вызывают сотрясения, передаваемые по слоям на большое расстояние. Эти резкие смещения в сущности очень невелики, но на поверхности вызывают более или менее сильные, даже катастрофические землетрясения, с которыми мы познакомимся в следующей главе.

Точные инструменты регистрируют теперь землетрясения на многих станциях, и оказывается, что земная кора трясется очень слабо, незаметно для человека, почти непрерывно то здесь, то там, доказывая непрерывность и медленность дислокаций. Но из этого не следует, что интенсивность дислокаций везде и всегда одна и та же. Она, несомненно, то усиливается в эпохи геологических революций, то ослабевает. Усиление в одних странах может не совпадать в точности с усилением в других, а опережать его или отставать от него, в зависимости от разнообразия местных условий, от которых существенно зависит характер самих дислокаций.

Контракционная гипотеза, учитывающая только сжатие в качестве силы, обуславливающей все дислокации, является односторонней и не может объяснить многих фактов. В последнее время предложена гипотеза, называемая пульсационной, которая вводит в контракционную серьезные поправки, учитывая не только процессы сжатия, но и процессы расширения.

Земля в состоянии самосветящегося тела представляла, как и другие космические тела, арену борьбы сил притяжения и отталкивания. Притяжение обуславливало сокращение объема и распределение материи по удельному весу от центра к периферии. Отталкивание создавало лучеиспускание и выбросы материи в мировое пространство в форме протуберанцев, подобно наблюдаемым на Солнце.

Нельзя думать, что после образования твердой земной коры эта борьба противоположных сил прекратилась; она должна продолжаться, приняв другие формы. Силы притяжения выражаются сжатием земной коры, силы отталкивания вызывают ее расширение. Борьба этих сил происходит непрерывно, но сопротивление, которое слои твердой земной коры противопоставляют всяким смещениям, вызывает необходимость периодического накопления энергии для преодоления этого сопротивления. Поэтому все смещения происходят скачками, соответствующими эпохам разрядки энергии и отделяемыми друг от друга более продолжительными и спокойными эпохами накопления энергии.

Сжатие земной коры выражается следующими существенно тангенциальными движениями: в подвижных поясах коры, т. е. геосинклиналях, более или менее заполненных молодыми

отложениями, последние сжимаются в складки разной сложности, геосинклиналь суживается под боковым давлением. На устойчивых жестких платформах и щитах сжатие усложняет складчатость их фундаментов, состоящих из более древних, уже складчатых отложений, выгибает эти фундаменты в виде валов и прогибов, сминает в широкие складки поверхностные, более молодые, еще не нарушенные отложения, а по трещинам расколов смещает большие клинья земной коры в виде надвигов и взбросов; этим достигается также в этих устойчивых площадях сокращение пространства.

Расширение земной коры выражается следующими существенно радиальными движениями: в подвижных геосинклиналях пояса складок, созданных при сжатии, выпячиваются, поднимаются в виде горных цепей и систем над прежним уровнем, а рядом с ними при растяжении образуются новые прогибы коры, т. е. геосинклинали. На платформах и щитах, которые также поднимаются и растягиваются, образуются трещины — разломы, а по ним происходят смещения клиньев земной коры в виде горстов и грабенов. Кроме того, расширение сопровождается магматической деятельностью: в поднимаемые геосинклинали снизу вторгается из глубин магма, образуя интрузии и эффузии изверженных пород, а на платформах по трещинам изливается магма в виде покровов, образуя также цепи вулканов.

Эта гипотеза, учитывающая продолжение борьбы сил притяжения и отталкивания и после образования твердой земной коры, предполагающая скачкообразное развитие Земли, смену противоположностей, переход количества в качество, лучше согласуется с учением диалектического материализма и после дальнейшей разработки должна сделаться наиболее приемлемой гипотезой, всего лучше объясняющей сложное строение земной коры. Она не является односторонней, как все предложенные до сих пор гипотезы, а может принять во внимание также движения и преобразования магмы в недрах Земли, радиоактивные процессы, влияние вращения Земли и другие явления, оказывающие то или другое воздействие на борьбу сил притяжения и отталкивания.

Строение земной коры, созданное дислокациями разного рода и связанными с ними интрузиями и эффузиями, называют *тектоникой* (тектос — по-гречески строение).

Представление о возрождении гор возникло у геологов только в начале XX века. Раньше было распространено мнение, что горообразование на Земле вполне закончилось еще в течение третичного периода, предшествовавшего современному, называемому четвертичным. Третичный период считался самым молодым в отношении горообразования. В этот период возникли

все горные системы на Земле, увенчанные самыми высокими вершинами, на которых мы видим в течение всего года скопления снега и льда, дающие начало ледникам, спускающимся с этих молодых гор в окружающие их долины. Таковыми являются Альпы и Карпаты Европы, Кордильеры и Анды обеих Америк, некоторые хребты Африки, Тянь-Шань, Нань-Шань, Гималаи и другие горы Азии.

Но более тщательные геологические исследования горных систем Европы и Азии обнаружили в разных местах, что и в конце третичного и даже в начале четвертичного периода происходило еще горообразование и рядом со старыми горными цепями, уже более или менее сильно сглаженными и пониженными процессами размыва и выветривания, возникали еще другие, в которых более или менее сильно нарушены не только верхнетретичные, но и четвертичные отложения, образующие складки, даже опрокинутые и надвинутые друг на друга. Так, изучая Калбинский хребет, представляющий продолжение гор Алтая на левом берегу реки Иртыша, я заметил в 1911 году, что его западный конец вблизи Семипалатинска сильно понижен и имеет старческие сглаженные формы, а простираясь на восток, он постепенно приобретает более резкие и сильные расчлененные формы, хотя и там и тут пролегает вдоль Иртыша и должен был бы иметь одинаковые формы рельефа. Это наблюдение навело меня на такое предположение: этот хребет, протягиваясь с запада на восток, подступает к самому Алтаю, расположенному уже на правом берегу Иртыша, и, следовательно, Алтай также может иметь такие омоложенные формы. В имевшейся геологической литературе об Алтае я не нашел подтверждения этого предположения и поэтому решил, что нужно самому побывать на Алтае, чтобы решить этот вопрос. Это удалось сделать только в 1914 году, и предположение, что Алтай также является сильно омоложенными горами, подтвердилось.

Подобные же предположения о молодости последних горообразовательных движений были высказаны и некоторыми иностранными геологами в конце XIX века и постепенно сделались господствующими. В 1948 году я предложил в маленьком докладе обозначать эти самые молодые движения конца третичного и начала четвертичного периода термином неотектоника, который и получил уже распространение среди советских геологов¹. Такие горы, возникшие недавно на месте более старых, уже сильно сглаженных, или рядом с ними и можно называть **возрожденными**.

¹ Основные черты кинетики и пластики неотектоники. «Известия Академии наук», серия геологическая, 1948, № 5, стр. 13—24.



IX

ПОЧЕМУ ТО ЗДЕСЬ, ТО ТАМ ТРЯСЕТСЯ ЗЕМЛЯ

Влияние землетрясений на человека. Очаг и эпицентр. Изосейсты и гомосейсты. Период землетрясений. Регистрация. Сейсмометры. Глубина очага. Сила землетрясений. Область распространения землетрясений. Причины землетрясений. Предвестники. Последствия землетрясений. Моретрясения. Типы землетрясений. Соотношение с другими явлениями природы. Предостережительные мероприятия.

Землю, твердую почву под нашими ногами, мы привыкли считать чем-то неизменным, прочным. На ней мы возводим самые тяжелые сооружения, только углубляя их фундамент тем глубже, чем они тяжелее. Поэтому, когда земля начинает колебаться под ногами так, что на ней нельзя устоять, когда раскачиваются большие деревья, трещат и на наших глазах разваливаются прочные здания, простоявшие целые десятилетия, когда трещины разрывают почву и из глубины ее раздается гул и грохот, как будто рушатся сами недра Земли, — человека охватывает ужас, он теряет голову, не знает куда бежать, где спастись от грозящей гибели.

А между тем наша Земля, как мы отметили в предыдущей главе, содрогается постоянно. Точные инструменты обнаружили, что

каждый год случается от восьми до десяти тысяч землетрясений, т. е. примерно одно землетрясение каждый час; в действительности их гораздо больше, так как $\frac{2}{3}$ земной поверхности покрыто водой, на которой нет станций, записывающих все. Даже слабые сотрясения почвы, да и на материках обширные площади таких станций не имеют. К счастью, в большинстве случаев землетрясения так слабы, что человек их не ощущает. Он начинает их замечать, когда вещи в домах уже потрескивают или постукивают друг о друга; но эти землетрясения еще безобидные. Немного сильнее те, при которых звенит посуда, качаются всяческие лампы и стенные картины, дребезжат стекла в окнах; такие землетрясения уже тревожат нас. А когда начинается сыпаться штукатурка, падают разные предметы, осеиваются маятники часов, хлопают двери и в стенах появляются трещины, люди невольно выбегают из зданий, потому что чувствуют себя в большей безопасности на улице, чем в закрытом помещении, которое становится похожим на мышеловку, западню.

Таких землетрясений в течение года бывает несколько десятков, а еще более сильных, которые разрушают города и губят тысячи людей, — только единицы. Еще реже случаются катастрофические землетрясения, при которых в течение нескольких секунд погибает больше людей, чем от эпидемий или сражений.

Землетрясение проявляется на земной поверхности, но его очаг, т. е. область, где оно возникает, находится в недрах Земли, на большей или меньшей глубине, и сосредоточено в пределах плоскости или какого-нибудь пространства с неизвестными нам ограничениями.

Для упрощения вычислений принимают, что очаг представляет точку, называемую гипоцентром. Из него исходит ударная волна, распространяющаяся во все стороны и приводящая все частицы в упругие колебания, которые вместе с самой волной постепенно ослабевают с удалением от гипоцентра. На земной поверхности сотрясение всего сильнее в области, расположенной непосредственно над очагом; ее называют эпицентральной областью, а эпицентром — точку над гипоцентром (рис. 220).

С удалением во все стороны от эпицентра сотрясения чувствуются все слабее и слабее и, наконец, уже не ощущаются человеком, но записываются точными инструментами.

Изучение землетрясений составляет задачу особого отдела геологии, называемого сейсмологией (от греческого слова «сейсм» — сотрясение). Сотрясения, ощущаемые человеком, называют макросейсмами, а ощущаемые только инструментами — микросейсмами.

В эпицентре землетрясение чувствуется всего сильнее; на некотором расстоянии от него во все стороны мы найдем ряд точек, в которых землетрясение выразилось с одинаковой силой. Соединив их друг с другом, мы получим изосейсту, т. е. линию одинаковой силы. Изосейсты не будут правильными

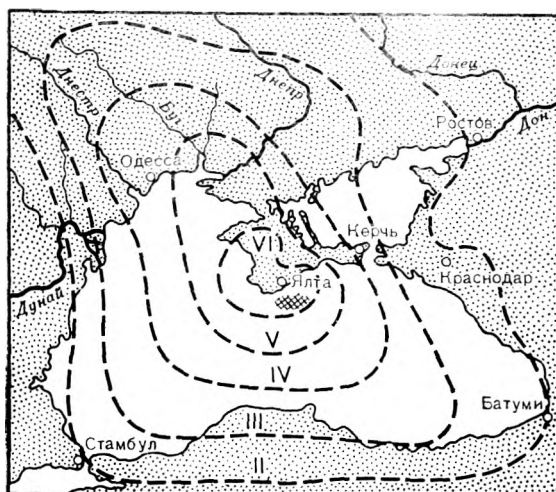


Рис. 217. Эпицентры и изосейсты землетрясений 1927 г. в Крыму.

Черные точки в море близ Ялты — эпицентры. Римские цифры — сила сотрясений.

концентрическими кругами вокруг эпицентра, а искривленными, так как проявление силы во многом зависит от состава и строения земной коры, которые очень неодинаковы (рис. 217). Кроме изосейст, мы можем еще соединить друг с другом точки, в которых землетрясение чувствовалось в одно и то же время; это даст нам линии, называемые *гомосейстами*, которые также будут искривлены, так как скорость распространения ударной волны зависит от состава и строения горных пород, по которым она проходит.

Землетрясения слабые или средней силы часто состоят только из одного удара, который продолжается несколько секунд или даже частей секунды, хотя кажется человеку более длинным. Сильные землетрясения обыкновенно начинаются одним или несколькими слабыми ударами, за которыми следуют после короткого или длинного промежутка один или несколько главных ударов, наиболее разрушительных; затем удары постепенно ослабевают и наконец переходят из макросейсмических в микро-

сейсмические. В общем землетрясение может длиться несколько часов или целые сутки. Иногда известная область Земли испытывает сотрясения разной силы в течение нескольких дней, недель или месяцев. Такие продолжительные сотрясения называют периодом землетрясений. Отдельные удары или

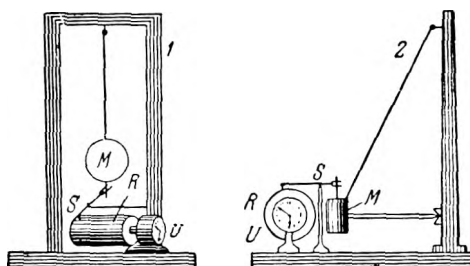


Рис. 218. Схемы сейсмографов с вертикальным (1) и горизонтальным (2) маятниками.

M — маятник; *S* — пишущий рычаг; *R* — барабан; *U* — часы.

серии ударов отделены друг от друга более или менее длинными промежутками, в течение которых происходят только слабые или очень слабые сотрясения. Почти каждое землетрясение сопровождается звуковыми явлениями, которые производят сильное впечатление и внушают человеку ужас. Подземный гул то подобен глухим раскатам грома, то клокотанью кипящей воды, то грохоту тяжелого поезда или обвала, то свисту ветра, то визгу при полете снаряда, то взрыву. Звуки иногда опережают волну землетрясения, иногда отстают от нее. По силе звука нельзя судить о силе землетрясения — иногда продолжительный подземный гул не сопровождается никаким землетрясением или сопровождается очень слабым.

Регистрация землетрясений. Для изучения землетрясений нужно иметь инструменты, которые отмечают время, силу и направление каждого удара в отдельности. Наиболее простые инструменты отмечают только время первого удара, немного более сложные — также его направление. Но эти простые инструменты, называемые сеймоскопами, давно заменены сейсмографами и очень сложного устройства. На рис. 218 схематически изображены два типа сейсмографов. Важнейшую часть их составляет тяжелый маятник *M*, который качается в горизонтальной или в вертикальной плоскости. При отсутствии сотрясений он неподвижен, но первый же удар заставляет его качаться, причем одновременно приводит в действие часы *U*, отмечаю-

щие начало землетрясения и приводящие во вращение барабан с бумагой *R*, на которой пишущий рычаг *S* наносит тонкую линию, изображающую все качания маятника. Эта кривая называется сейсмограммой, и на ней можно различить все отдельные удары, отделить их время и силу (рис. 219), так как барабан вращается с определенной скоростью, а величина зубцов на линии соответствует размаху маятника, который зависит от силы удара. Микросейсмические сотрясения выражаются мелкими зубчиками.

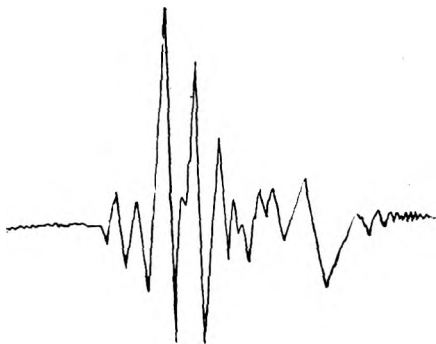


Рис. 219. Сейсмограмма землетрясения.

Хорошие сейсмографы регистрируют не только землетрясение, случившееся в той местности, где установлен инструмент, т. е. где находится сейсмическая станция, или в ближайших окрестностях, но и самые отдаленные, и позволяют определить, на каком расстоянии от станции они случились, а также силу их.

Глубина очага. Интересный вопрос о том, на какой глубине находится очаг землетрясения, решается вычислениями на основании сейсмограмм. Грубый, но наглядный способ дает измерение трещин в стенах зданий (рис. 220). Определив наклон трещин к земной поверхности и проведя к ним перпендикуляры, мы найдем очаг на пересечении последних на глубине с вертикалью, проведенной через эпицентр, или на пересечении перпендикуляров друг с другом.

Наблюдения показали, что большая часть землетрясений зарождается на глубине до 50 километров от земной поверхности, небольшая часть — на глубине от 50 до 100 километров и лишь единичные землетрясения исходят с глубин до 300—700 километров.

Область, наиболее пострадавшая от землетрясений, располагается вокруг эпицентра и называется *плейстосейстовой* областью. Размеры ее зависят не только от силы удара, но и от глубины очага. Сильное землетрясение с небольшой плейсто-

сейстовой областью имеет очень неглубокий очаг. Большая область указывает всегда на большую силу и большую глубину. Страшное лиссабонское землетрясение 1755 года захватило область, в четыре раза большую, чем Европа. Землетрясение 1881 года на острове Искья (в Средиземном море), разрушившее город Казамиччиолу, имело область всего в 55 квадратных километров, и очаг его был очень мелкий.

Сила землетрясений определяется по их последствиям; по принятой в СССР шкале различают 12 баллов землетрясений:

1 балл — незаметное. Микросейсмические колебания, отмечаемые только инструментами.

2 балла — очень слабое. Ощущается немногими первыми людьми, находящимися в состоянии покоя.

3 балла — слабое. Ощущается небольшой частью населения в форме сотрясения, как от быстро проехавшего мимо экипажа.

4 балла — умеренное. Под открытым небом ощущается немногими, а внутри — многими людьми; слабый звон посуды и оконных стекол, скрип дверей, полов.

5 баллов — довольно сильное. Отмечается большинством людей в движении и на работе. Сотрясение зданий, как от падения в доме тяжелого предмета. Колебание стульев, кроватей.

6 баллов — сильное. Ощущается всеми, очень многие выбегают на улицу. Падение картин, книг, бьется посуда, штукатурка дает тонкие трещины.

7 баллов — очень сильное. В домах падает мебель. Легкие трещины в стенах. Падение кусков штукатурки и лепных украшений, частей труб. Разрушение некоторых непрочных построек.

8 баллов — разрушительное. Сильное повреждение домов, большие трещины в стенах, некоторые стены и все трубы обваливаются. Падение башен и фабричных труб.

9 баллов — опустошительное. Сильное повреждение каменных домов, некоторые обваливаются.

10 баллов — уничтожающее. Обвалы и оползни, трещины в земной коре. Большинство каменных зданий домов облегченного типа разрушается.

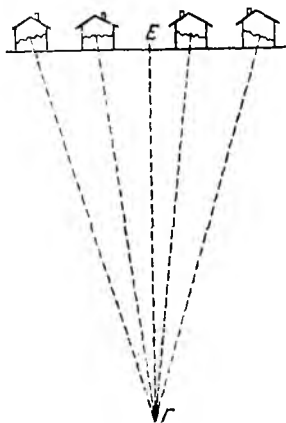


Рис. 220. Определение глубины очага землетрясения.

Е — эпицентр; Г — гипоцентр (очаг).

11 баллов — катастрофа. Широкие трещины в земной коре, многочисленные оползни и обвалы. Разрушается большинство мостов и деревянных домов.

12 баллов — сильная катастрофа. Изменения в земной коре достигают громадных размеров. Ни одно сооружение не выдерживает.

Причины землетрясений бывают тройные. Во-первых, пустоты, создаваемые в растворимых породах земной коры подземными водами, являются причиной землетрясений, обусловленных внезапным провалом кровли этих пустот. Эти провалы землетрясения имеют очень небольшую область распространения, маленькую плейстосейстовую область, небольшую глубину очага, но могут быть очень разрушительными.

Во-вторых, вулканическим извержениям часто предшествуют, а иногда и сопутствуют более или менее сильные землетрясения, обусловленные внезапным разрежением напряжения газов в канале вулкана, при выпирании ими лавовой пробки из жерла, а также провалами кровли пустот, образовавшихся после излияния лавы. Эти вулканические землетрясения иногда бывают весьма разрушительными; область их распространения и плейстосейстовая область невелики; очаг неглубокий.

В-третьих, все медленные смещения толщ в земной коре в связи с их дислокациями — образованием складок, сбросов, взбросов и сдвигов — часто сопровождаются землетрясениями. Эти тектонические землетрясения наиболее распространены и являются также нередко самыми разрушительными; область их распространения и плейстосейстовая область могут иметь очень различные размеры, а очаг может находиться на различных глубинах.

Предвестники землетрясений. Слабые сотрясения почвы, регистрируемые сейсмографами, а отчасти также замечаемые людьми за несколько часов до разрушительного землетрясения, являются его предвестниками, впрочем необязательными; сильное землетрясение может наступить без таких предвестников или же они предшествуют ему так непосредственно, что теряют свое предупредительное значение. Иногда все дело может закончиться этими слабыми сотрясениями.

Наиболее чуткими по отношению к близкому землетрясению являются животные. Домашние животные — куры, свиньи, ослы — начинают беспокоиться и шуметь. Дикие звери уходят в лес и ревут, крокодилы выползают из воды, на острове Кубе ручные ужи, спасаясь, уползают из домов на поля.

Перед извержением Лысой горы, начавшимся сильным землетрясением в начале мая 1902 года, домашние животные уже

в конце апреля обнаруживали сильное беспокойство: коровы мычали, собаки выли и жаллись к людям; дикие животные покидали окрестности вулкана, птицы улетали из лесов, змеи в огромном количестве приползали к жилищам. Это объяснялось, во-первых, распространением сернистого газа из вновь образовавшихся трещин, а во-вторых, подземным гулом, который всегда слышится перед пробуждением вулкана; приложив ухо к земле, можно различить отдельные удары, громовые раскаты, вызываемые нарастающим напряжением газов и паров. И понятно, что животные, у которых слух развит значительно сильнее и уши ближе к земле, чем у человека, в особенности же ползающие и живущие в норах, слышат эти звуки раньше человека и инстинктивно чувствуют опасность.

Последствия землетрясений выражаются в более или менее сильных повреждениях всяких сооружений человека вплоть до их полного разрушения, в трещинах, сбросах и сдвигах пластов земной коры, обвалах и оползнях в горах, в исчезновении и появлении источников, осушении и затоплении морских берегов.

Степень повреждения сооружений зависит прежде всего от качества постройки, но также и от состава почвы, характера сотрясения, силы удара и угла его выхода (рис. 221). Вертикальные удары, которые наблюдаются в эпицентре и в непосредственной близости к нему, менее вредны, чем волнообразные колебания, которые характерны для окружающей местности. Волны землетрясения, пробегающие в почве, сильно разрушают здания, в особенности стены, если они параллельны волне. Они не только поднимаются на волне, но и выгибаются ею. Угол выхода удара на поверхность, как показали опыт и теория, влечет наибольшие разрушения при величине от 45 до 55°.

Влияние состава почвы объясняется тем, что скорость распространения землетрясения зависит от него; в твердых породах скорость гораздо больше, чем в рыхлых. В мощной толще рыхлых пород, например наносов (аллювий долин), волна ослабевает и может даже совсем затухнуть; но меньшая толща, лежащая на твердых коренных породах, не успевает смягчить удар, а подбрасывается на своем основании. В этих условиях разрушение будет сильнее, чем прямо на коренных породах. Строение коренных пород влияет так: по простиранию складок и пластов волна распространяется быстрее, чем поперек его. Вообще наиболее опасны грунты, состоящие из осыпей и россыпей пород (особенно на косогорах), из тонкого слоя аллювия на дне долин, затем идут болота, заросшие озера, торфяники; сухие грунты менее опасны, чем насыщенные водой.

Повреждение зданий начинается разрушением дымовых труб, падением штукатурки с потолков, падением карнизов и появлением трещин в стенах. При большей силе удара выпадают

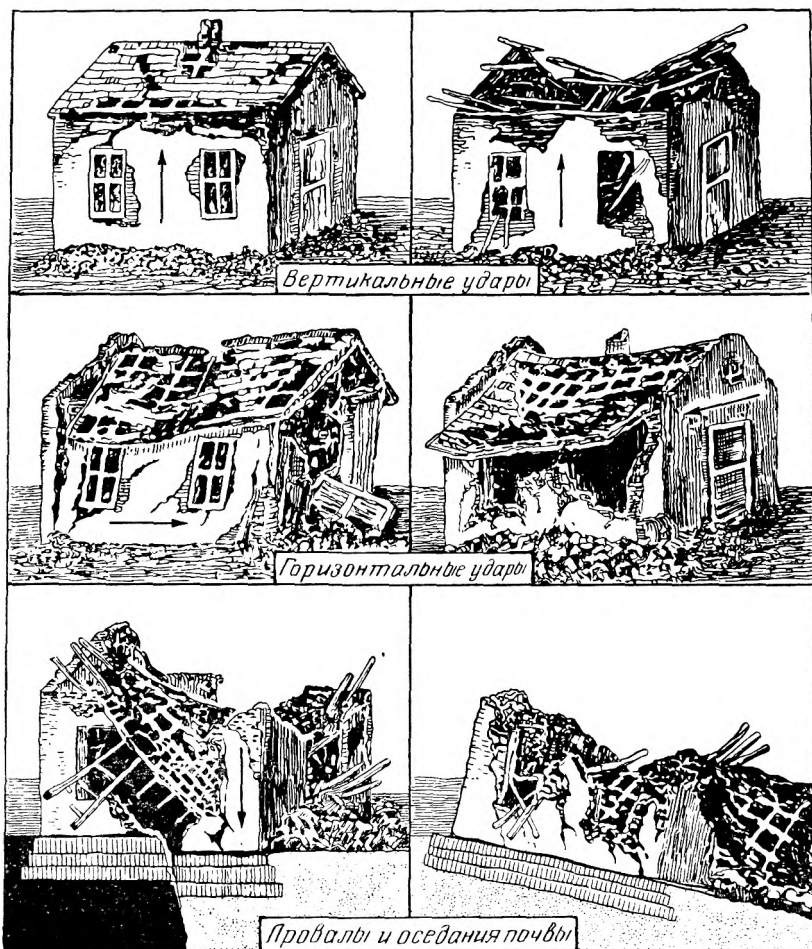


Рис. 221. Зависимость разрушений от направления ударов



Рис. 222. Разрушения из-за плохого материала. Балаклава, Крым, 1927 г.

целые углы или даже целые стены здания, причем более или менее страдает и крыша. При наибольшей силе все здание превращается в кучу обломков. Огромное значение имеет и качество материала; стены, сложенные из кирпича на хорошем цементе, при той же силе землетрясения, страдают гораздо меньше, чем стены, сложенные из валунов, связанных глиной, как показал ряд землетрясений в Закавказье и землетрясение 1927 года в Крыму, где многие здания были разрушены только из-за низкого качества постройки (рис. 222).

Разрушение зданий часто сопровождается пожарами, так как развалившиеся очаги, опрокинутые лампы, разорванные электропровода дают начало огню, а порча водопроводов и загромождение улиц обломками затрудняют в городах тушение пожаров. Так, при землетрясении 1 сентября 1923 года в Японии после первого толчка в Токио вспыхнули пожары в 76 местах и за двое суток выгорело три четверти города.

Сильные разрушения зданий, в особенности при землетрясениях, случающихся ночью, неминуемо влекут за собой гибель людей, засыпанных обломками в домах; всеобщая паника, пожары и загромождение улиц затрудняют своевременное откапывание живых. Поэтому количество жертв при сильных землетрясениях очень велико. Так, во время землетрясения 1908 года

в Мессине на острове Сицилии было убито 83 000 человек; землетрясение 1920 года в провинции Ганьсу в Китае повлекло за собой смерть около 200 000 человек, большинство из них было засыпано в разрушенных от удара пещерных жилищах в лёссе.

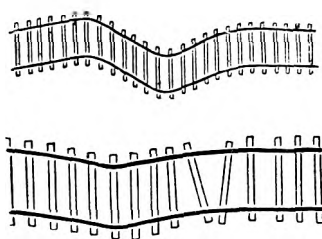


Рис. 223. Искривления железнодорожных путей при землетрясении.

В 1934 году в Индии землетрясение охватило 12 городов и много селений; 500 000 человек осталось без крова, а 10 000 было убито. В Японии за время с 1604 по 1914 год во время землетрясений погибло свыше 100 000 человек и было разрушено 521 000 зданий; 1 сентября 1923 года при землетрясении в Токио было разрушено и сгорело 412 000 домов и погибло 96 000 человек.

Кроме зданий, в городах во время землетрясений страдают также и подземные сооружения — трубы канализации, водопроводов и газопроводов, кабели освещения и телефона, каменные и железные мосты (у последних соскакивают с устоев отдельные фермы), рельсовые пути (искривляется полотно вместе с рельсами) (рис. 223).

В земной коре при каждом сколько-нибудь значительном землетрясении образуются трещины (рис. 224), в наибольшем количестве в области эпицентра; иногда они расходятся во все стороны от какого-либо центра, но чаще располагаются без всякого порядка в разных направлениях. В горах они обычно располагаются вдоль склона, а на побережье — вдоль берега. Трещины достигают ширины от 20—50 сантиметров до 10—15 метров и тянутся иногда на многие километры; глубина их доходит до 10 метров; в них проваливаются отдельные здания, люди и животные. Трещины, образовавшиеся при первом ударе, иногда закрываются при следующих, но часто смыкаются медленно или остаются открытыми.

Если трещина проходит по аллювию на дне долины или равнины и на некоторой глубине залегает плавун или водоносный слой, тогда из трещины выбрасываются вода и грязь, а иногда и газы, воспламеняющиеся на воздухе. Вода с грязью иногда выбрасывается в таком количестве, что затопляет окружающую местность.

Опускания более крупных площадей или провалы их также происходят при очень сильных землетрясениях (они наблюдались в Италии, в Малой Азии, в Индии, на берегах озера Иссык-Куль в Средней Азии и т. д.), достигают даже 60 метров глубины и также сопровождаются извержением воды



Рис. 224. Трещины в Андалузии (Испания), образовавшиеся при землетрясении 22 декабря 1884 г.

и грязи. В Лиссабоне при землетрясении 1755 года опустилась набережная с массой собравшихся на ней людей; в Мессине, а также в Токио наблюдались опускания почвы как на суше, так и на дне моря. Во время землетрясения 1861 года в дельте реки Селенги на озере Байкал случился провал — оседание площади около 260 квадратных километров, которая вместе с находившимися на ней жилищами и стадами опустилась ниже уровня озера в среднем на 2,9 метра. Вес опустившейся массы составлял около 1,3 миллиарда тонн.

Сбросы, сдвиги и складки также происходят при землетрясениях. Складки наблюдались в аллювии на берегу озера Иссык-Куль как в опустившихся площадях, так и рядом с ними. Сбросы и сдвиги очень часты при образовании трещин и тянутся иногда на целые километры. Особенно характерен был сдвиг в Японии при землетрясении 1891 года, разбивший и сместивший несколько полевых дорог на дне широкой долины (рис. 226). Громадный сброс протянулся при землетрясении 1906 года в Калифорнии вдоль морского берега на сотни километров и по нему произошли смещения, горизонтальные до 7 метров и вертикальные в 1,3 метра. Во время этого землетрясения сильно пострадал город Сан-Франциско: он хотя и не попал в главную линию сброса, но через него прошла второстепенная линия с горизонтальным смещением в 3 метра.



Рис. 225. Обвал в долине Ак-Джар (Заилийский Алатау) при землетрясении 1887 г.

При землетрясении 20 декабря 1932 года в Северной Америке сотрясение охватило площадь в 500 000 квадратных километров в штате Невада и соседних с ним и, судя по трещинам, обусловило смещение восточной части площади на юг по отношению к западной.

Обвалы, оползни и оплывины случаются при землетрясениях в гористой местности. Так, при землетрясениях 1887 и 1911 гг. в городе Верном (теперь Алма-Ата) в соседних горах Тянь-Шаня произошли многочисленные обвалы и оплывины; объем обвалов 1887 года оценивается в 440 миллионов кубометров; некоторые из сползших масс достигали 2 километров длины, 200 метров ширины и 100 метров толщины. Подобные же обвалы происходили в Ассаме, Японии, Скалистых горах (США) и на Аляске.

Нарушения грунтовых вод при землетрясениях вполне понятны. При смещениях в земной коре могут быть закрыты трещины, по которым выходила вода, или открыты новые, т. е. исчезновение источников в одних местах и появление их в новых местах могут быть последствиями сильных сотрясений. Обвалы и оползни также могут создать новые выходы для грунтовой воды или закупорить старые. Водонепроницаемый пласт, подстилающий водоносный горизонт, может быть разбит трещинами, по которым грунтовая вода уйдет вглубь, в результате чего целые группы колодцев лишатся воды.

Моретрясения (цунами). Если очаг землетрясения находится где-либо под дном океана или большого моря, то сотрясение

передается через всю толщу воды; его ощущают на кораблях, проходящих в это время по морю. При вертикальном ударе, т. е. над эпицентром, корабль вдруг поднимается, а затем опускается, замечается вспучивание воды. При боковых ударах корабль испытывает толчок, как будто он наткнулся на подводную скалу, плавающий лес или ледяную глыбу; незакрепленные предметы падают, люди с трудом удерживают равновесие; особенно сильно бывает сотрясение руля. Удар часто сопровождается глухим шумом, переходящим из воды в атмосферу.

Более разрушительны последствия моретрясений, если эпицентр находится недалеко от берега. Тогда море при первом ударе часто осушает большую площадь, а затем волна с громадной силой возвращается обратно, обрушивается на берега и смывает с них все. Так, при Лиссабонском землетрясении 1755 года волна достигла высоты в 26 метров и погубила 60 000 человек, распространившись на 15 километров в глубь страны. На Камчатке в 1923 году волны занесли лед на полкилометра от берега, завалили им несколько зданий; тундра была залита на несколько километров. Мелкая прибрежная часть моря часто покрывается беспорядочными бушующими волнами, которые мечутся взад и вперед. Волны, поднятые землетрясением у берега, затем распространяются на большое расстояние по океанам и размывают берега и прибрежные селения и города¹.

Распространение землетрясений на земной поверхности показывает, что они тесно связаны с областями дислокаций и вулканизма. Статистика показывает, что 40% землетрясений приурочено к берегам Тихого океана, от Магелланова пролива через Алеутские острова до Новой Зеландии, которые, как мы знаем, отличаются и обилием вулканов. Здесь мы находим горные цепи, окаймляющие материки, и в ближайшем соседстве с ними самые глубокие впадины на дне океанов, вытянутые вдоль берегов, т. е. наиболее резкие переломы рельефа. Около 50% землетрясений приходится на так называемый «пояс разлома» Земли, который тянется от Мексики в Западном полуша-

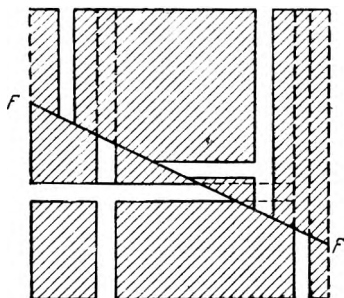


Рис. 226. Сдвиг полевых дорог при землетрясении 1891 г. в Японии.

FF — трещина в земле; пунктиром показано положение дорог перед сдвигом.

¹ В 1960 г. в Чили произошло крупное землетрясение, вызвавшее возобновление деятельности вулканов и сильное моретрясение, волны которого достигали западных берегов Тихого океана (Прим. ред.).

рии через Атлантический океан по Средиземному морю до Каспия и Индии и отличается молодыми складчатыми горами и крупными опусканиями — провалами, а также действующими вулканами. Только 10% землетрясений падает на остальные главные массы материков, причем среди них пужно выделить как наиболее подверженные: 1) пояс разломов вдоль африканских озер, Красного и Мертвого морей; 2) горные цепи Тянь-Шаня и Памира и 3) южную часть озера Байкал с прилежащей местностью.

Таким образом, вообще наибольшей подверженностью землетрясениям, т. е. сейсмичностью, отличаются области молодых складчатых гор и молодых сбросов и опусканий, вообще молодые орогены, а наименьшей — области самых древних структур, давно уже окрепших, старые платформы.

В Советском Союзе наиболее страдают от землетрясений: 1) Закавказье, принадлежащее к Средиземноморской области, а также и Крым (землетрясение 1927 года), 2) Тянь-Шань, в особенности северное подножие (землетрясения 1887 и 1911 гг. в Алма-Ате), Фергана и Памир, как область молодых складчато-взбросовых и складчато-глыбовых гор, 3) южная часть озера Байкал с соседним Прибайкальем и Забайкальем — хотя и древняя платформа, но с молодыми провалами (сейсмичность сравнительно небольшая) и 4) Камчатка и вообще Приморье от Анадыря до Владивостока, принадлежащее к тихоокеанскому кольцу (в этой части также обладающему меньшей сейсмичностью).

Русская и Сибирская платформы с их мало нарушенным строением и Урал как очень древние горы, наоборот, отличаются редкостью и слабостью землетрясений; несколько больше их в районе Алтая в связи с недавними движениями в этих складчато-глыбовых горах.

Типы землетрясений. Как мы уже знаем, землетрясения по происхождению делятся на провальные, вулканические и дислокационные (или тектонические). Первые наиболее редки, вторые случаются чаще, но наиболее многочисленны последние. Среди всех этих категорий различают еще по типу землетрясения центральные, очаг которых имеет ограниченные размеры во всех направлениях, и линейные, очаг которых вытянут значительно в одном направлении. Провальные и вулканические землетрясения в большинстве случаев принадлежат к центральным, а дислокационные чаще всего являются линейными, так как их очаг (гипоцентр) вытянут более или менее вдоль складок и трещин разломов (сбросов, взбросов, сдвигов).

Соотношение землетрясений с другими явлениями природы. Люди давно уже пытались выяснить, не происходят ли землетрясения преимущественно в определенные времена года, лун-

ного месяца, в известные часы суток. Статистика показала, что действительно землетрясения случаются: 1) чаще осенью и зимой, чем весной и летом (соотношение 4 : 3); 2) чаще во время новолуний и полнолуний; 3) чаще в перигее, т. е. во время нахождения Луны на наименьшем расстоянии от Земли; 4) удары бывают чаще и сильнее во время нахождения Луны на меридиане данного места.

С ветрами, осадками и переменах атмосферного давления также замечаются известные соотношения. Так, сильные ветры сами вызывают микросейсмические колебания. Землетрясения наблюдаются несколько чаще после периода сильных осадков. Резкое падение или увеличение давления воздуха может вызвать разрежение напряжения в складках или разломах в форме смещения толщ, которое в свою очередь вызовет сотрясение. Такое же влияние может иметь усиление нагрузки на земную кору вследствие большого количества осадков зимой и осенью, давления ветра и усиления морских приливов в зависимости от положения Луны.

Предохранительные мероприятия. Предотвращать землетрясения человек не в состоянии; в его силах только заблаговременно предупреждать о них, чтобы люди успели спастись, и возводить такие сооружения, которые выдерживают даже сильные сотрясения.

С целью предупреждения в местностях, подверженных землетрясениям, устраивают сейсмические станции, снабженные точными и чувствительными сейсмографами, которые должны не только регистрировать сильные сотрясения, но и микросейсмические и на основании их изучения выяснить по возможности такие движения, которые являются предвестниками разрушительных. Это еще не достигнуто.

Предохранительные мероприятия, уже принятые во всех странах, сильно страдающих от землетрясений, состоят в определенных правилах для возведения зданий. В основном они сводятся к расширению фундамента, применению металлической связи в кирпичной кладке, особой прочности сводов и перемычек, отделению крыши зазором от печных труб, запрещению тяжелых карнизов и лепных украшений и употреблению вполне доброкачественных материалов. Постройки, возведенные согласно этим правилам, называются антисейсмическими и должны гарантировать живущих в них от гибели под развалинами.



Х

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ НАШЕЙ ЗЕМЛИ

Ранняя молодость Земли. Образование материков и морей. Зарождение жизни. Окаменелости и их значение. Преобразование лика Земли. Циклы дислокаций и эрозии. Трансгрессии и регрессии. Геологическая хронология. Архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская эры. Как определяют возраст Земли. Плавающие материка.

Никто не может рассказать нам точно, как образовалась наша Земля, так как ни один ученый не мог наблюдать это сам. Поэтому высказывают только более или менее правдоподобные предположения в виде гипотез. Уже в древние времена в культурных странах Средиземноморья, соответственно знаниям той эпохи, было предложено несколько гипотез, как мы теперь знаем, совершенно фантастических. Первую из научных космогонических гипотез, основанных на установленных наукой фактах, предложили в XVIII веке ученые Кант и Лаплас. Они полагали, что Солнце и все вращающиеся вокруг него планеты образовались при сгущении одной первичной туманности, раскаленной и вращавшейся еще до возникновения Солнца. Эта туманность по своим размерам превосходила всю планетную систему и

имела сплюснутую форму. Под влиянием охлаждения и притяжения к центру туманность сжималась, а ее вращение вызывало отделение на экваторе кольца материи, которое разорвалось и превратилось в шар, продолжавший вращаться. Так как сжатие продолжалось, то тот же процесс отрыва колец и превращения их в шары повторялся несколько раз, и наконец образовались все планеты, вращающиеся каждая по своей орбите вокруг Солнца. Центральная же часть туманности превратилась в звезду, продолжающую гореть, освещать и согревать вращающиеся вокруг нее планеты. Таким же образом — отделением от планет вследствие быстрого вращения колец — произошли спутники планет.

Гипотеза Канта и Лапласа долго признавалась правильно объясняющей образование Земли, но в XIX веке вследствие быстрого развития астрономии, геофизики и геологии выяснился ряд ошибок этой гипотезы и появились другие объяснения. Например, ученый Чемберлен считал, что образовавшаяся так, как предполагали Кант и Лаплас, маленькая Земля увеличивалась мало-помалу выпадением на нее метеоритов — таких же сгущений вещества туманностей — из космического пространства. Астроном Джинс считал, что Солнечная система произошла в результате очень близкого прохождения около Солнца другой звезды, притяжение которой вызвало резкое нарушение равновесия во внутренних слоях Солнца и выброс из него огромной струи вещества, из которой затем, разделением струи и последующей конденсацией, образовались все планеты Солнечной системы. Эта гипотеза признавалась очень удачной в течение ряда лет, но потом была опровергнута, так как прохождение одной звезды мимо другой на таком близком расстоянии, что она может вызывать предполагаемые выбросы материала, представляет чрезвычайно редкое явление и неправдоподобно для объяснения образования планет, вращающихся вокруг Солнца. В гипотезе этой был обнаружен, главным образом трудами советских ученых, ряд серьезных ошибок.

Свыше десяти лет назад академик О. Ю. Шмидт выдвинул новую гипотезу образования нашей Земли и других планет, вращающихся вокруг Солнца. Он предполагает, что Солнце, проходя по Галактике через облако пыли и газов, образующих межзвездную материю, захватило своим притяжением часть их и вышло окруженное большим облаком этой пыли и газов. Это облако вращалось вокруг Солнца по закону всемирного тяготения; частицы, слагавшие облако, двигались в нем в разных направлениях, сталкивались друг с другом, иногда дробились, но чаще объединялись, более мелкие присоединялись к более крупным, и так мало-помалу в облаке образовались планеты. Но ближайшая к Солнцу часть облака прогревалась его лучами

сильнее, и поэтому близкие к нему планеты Меркурий, Венера, Земля и Марс невелики по размерам и состоят из плотной материи, каменной и металлической, с небольшими остатками газообразной, а более далекие планеты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун огромных размеров и состоят из газообразных и летучих веществ. Не успевшие присоединиться к твердым внутренним планетам тела образуют кометы и астероиды.

Первоначально О. Ю. Шмидт предполагал, что в образовании планет большую роль играли метеориты, входившие в состав первичного облака, но в дальнейшем отказался от этого предположения и считает исходным материалом для создания планет газово-пылевую массу.

Гипотеза О. Ю. Шмидта удачно объясняет многое в образовании планет, но не лишена серьезных недостатков, как было указано на первом совещании по вопросам космогонии¹.

В гипотезе О. Ю. Шмидта рассматривается образование планет Солнечной системы, а не Солнца; притом хорошо объяснено возникновение планет земного типа, в то время как большие планеты по своим физическим свойствам не укладываются в его гипотезу. О. Ю. Шмидт не изучил эволюцию Солнца, проблему происхождения и эволюции звезд, не использовал богатый материал современной астрофизики. Все это показывает, что гипотеза Шмидта не может еще объяснить образования всех небесных тел и в современной форме является недостаточно разработанной.

Большинство советских ученых, занимающихся вопросами астрономии и геофизики, считают, что Земля и другие планеты Солнечной системы образовались не из вещества, принесенного извне, а из газового или газово-пылевого вещества, находящегося в пределах этой системы.

Согласно гипотезе Шмидта и некоторым другим гипотезам предполагается, что Земля и другие планеты этого типа, образовавшиеся из газово-пылевого вещества, были первоначально холодными. В дальнейшем путем гравитационной дифференциации вещества произошли разделение его по удельному весу и расслоение земного шара, в результате подъема более легких частиц к внешним оболочкам Земли, на геосферы различной плотности.

Средняя плотность земного шара равна 5,5, а средняя плотность самой внешней части земной коры, которую мы можем изучить на поверхности, в шахтах и буровых скважинах, не превышает 2,5—3,0. Плотность ядра Земли очень велика — от 8 до 11. Одни ученые предполагают, что ядро Земли состоит из

¹ О. Ю. Ш м и д т. 4 лекции о теории происхождения Земли. М., 1950; Труды 1-го совещания по вопросам космогонии 16—19 апреля 1951 г. М., 1951.

никеля и железа, а другие объясняют физическое состояние ядра тем, что вещество ядра вследствие колоссального давления находится в особом «металлизированном» состоянии и что строение атома этого вещества иное, чем в земной коре, а именно — что в каждом атоме смещены внешние электроны.

Согласно гипотезе Канта — Лапласа расплавленный шар Земли постепенно остывал с поверхности и покрывался коркой, которая вначале была очень тонка и часто разрывалась под напором газов и раскаленных масс. В дальнейшем кора эта становилась все толще и крепче, но под ней на глубине от 50 до 100 километров все же сохранялась зона (геосфера) расплавленной магмы.

Открытие глубокофокусных землетрясений с очагами, залегающими на глубине более 600 километров, привело некоторых геологов к убеждению, что внешняя оболочка Земли на очень большую глубину — не менее 800 километров — состоит из твердого вещества. Это строение земной коры лучше согласуется с предположением о возникновении «холодной» земли из космической пыли, чем с гипотезой об огненно-жидкой Земле.

По гипотезе Шмидта, первоначально «холодная» Земля заключала в своем составе радиоактивные элементы, которые, распадаясь, служили источником энергии, и Земля постепенно расплавлялась, причем твердой осталась только внешняя оболочка Земли — земная кора. Но, с другой стороны, как указывает А. П. Виноградов, признавая, что метеориты представляют обломки планет (это теперь считается твердо установленным), мы должны признать также, что эти планеты прошли стадию полного расплавления. Таким образом и Земля, внутренние геосферы которой, по современным предположениям, имеют строение, аналогичное строению метеоритов разных типов, должна была вся в целом пройти стадии расплавленного тела, в котором протекали процессы жидкой дифференциации, ликвации и расслоения. По мнению А. П. Виноградова, Земля начала остывать изнутри и долгое время сохраняла расплавленную оболочку.

Если мы подведем итоги обсуждению гипотезы Шмидта на 1-й космогонической конференции, то увидим, что как вопрос о возникновении Земли и планет, так и вопрос о том, достаточно ли одной энергии распада радиоактивных элементов для разогревания и расплавления земного шара, и вопросы о том, как в дальнейшем происходила дифференциация веществ Земли и как проходил процесс остывания Земли, пока еще недостаточно разработаны и об этом у астрономов, геофизиков и геологов нет единого мнения.

Ф. Энгельс в своем труде «Диалектика природы» указал, что на нашей Земле, как и на всех космических телах, происходит

постоянная борьба сил притяжения и сил отталкивания, а после образования твердой земной коры силы притяжения получили уже перевес. «На нынешней земле, наоборот, притяжение благодаря своему решительному перевесу над отталкиванием стало уже *совершенно пассивным*: всем активным движением мы обязаны притоку отталкивания, идущему от солнца»¹. Это дополнение к гипотезам об образовании Земли имело большое значение, так как без чередования деятельности сил притяжения и отталкивания нельзя объяснить строение земной коры, где мы наблюдаем во многих местах как результат сильного притяжения в виде сокращения земной коры, образующей складки, так и результаты отталкивания, сменившего эпоху притяжения. Растяжение это приводит к образованию разрывов, сбросов с перемещением целых толщ вниз или вверх, зияющих трещин, к оседанию мелких и крупных участков земной коры в виде так называемых грабенов. Эту поправку Ф. Энгельса необходимо принять, так как строение земной коры без нее понять и объяснить невозможно. Ее и выдвинули некоторые геологи, создав пульсационную гипотезу, согласно которой после образования твердой земной коры развитие последней представляло чередование эпох или периодов деятельности сил притяжения, вызывавших сжатие слоев коры, и сил отталкивания, вызывавших растяжение ее, разрывы, сбросы, грабены (об этом подробнее см. гл. VIII).

Приняв предположение о том, что Земля или первоначально представляла расплавленный шар, или, образовавшись в виде холодного тела, затем путем внутреннего расплавления превратилась в расплавленный шар, мы можем нарисовать себе следующую картину дальнейшего преобразования земной коры.

Расплавленный шар Земли постепенно остывал с поверхности, и жидкость должна была переходить в твердое состояние, покрываться коркой, состоявшей из соединений более легких элементов. Эта корка сначала была очень тонкая и беспрерывно разрывалась то тут, то там под напором газов и паров, выделявшихся из расплавленной массы. Но постепенно она крепла, нарастая снизу, вследствие затвердевания более глубоких слоев, и сверху, вследствие застывания разлившейся по поверхности лавы при прорывах корки.

Разрывы случались уже реже и только в отдельных более слабых местах, но зато становились более катастрофичными, за ними следовали извержения и излияния, несравнимые по силе с современными. Под напором газов и паров корка поднималась пузырями, разрывалась со страшным взрывом, разбира-

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1955, стр. 53.

сывая громадные обломки, и давала выход лаве: возможно, что лава иногда изливалась и более спокойно из трещин в корке.

Так как эти процессы происходили неравномерно по всей поверхности, то корка должна была постепенно стать неровной, покрыться выступами разной величины в виде полей излившейся лавы, разделенных впадинами. Так были уже намечены первичные материки и океаны, хотя воды на Земле еще не было; температура корки в те времена была еще выше точки кипения воды, и вся вода находилась тогда в виде пара в плотной атмосфере.

Охлаждение продолжалось, пар в атмосфере сгущался и выпадал на Землю в виде страшных ливней, которые на горячей корке быстро обращались опять в пар. Воздух был насыщен электричеством, и трудно себе представить, какие ужасающие громы грохотали над Землей, какие молнии рассекали густой воздух; не было покоя ни днем ни ночью, а так как густые тучи окружали Землю сплошным покровом, то солнечные лучи совсем не проникали на поверхность Земли, которая рождалась в грозах и бурях.

Но вот сливаемая и охлаждаемая ливнями корка настолько охлаждалась с поверхности, что выпадавшая вода испарялась не сразу и стала заполнять впадины. Сначала в этих первичных морях вода еще кипела и над ними висели завесы пара; позже кипение прекратилось, но долго еще моря оставались горячими. Нужно думать, что вода в них была уже соленая, так как среди газов, выделявшихся из магмы, были и составные части разных солей. Корка была еще недостаточно прочная, разрывалась то тут, то там, и лава, изливаясь густыми потоками по материкам, часто достигала берегов морей, огромные взрывы и облака пара сопровождали соприкосновение лавы и воды. Вероятно, вулканов, подобных современным, еще не было; корка была еще тонкой и легко разрывалась, газы, пары и лава вырывались более свободно (рис. 227).

Долго, очень долго тянулось это первобытное состояние Земли, вероятно, гораздо дольше, чем все последующие периоды в совокупности. Жить на Земле тогда было еще невозможно. Материки представляли собой поля застывшей лавы с очень неровной поверхностью; из трещин в разных местах со свистом вырывались пары и выделялись газы, в том числе удушливые или ядовитые; в морях вода была еще горяча, они дымились, как котлы. Густой воздух, насыщенный парами, затруднял дыхание; мрачные тучи покрывали небо, скрывая Солнце; молнии часто сверкали, освещая вспышками темные дни и черные почвы; то тут, то там разражались страшные ливни, и потоки воды сбегали с материков, начиная свою работу по размыву, переносу и отложению песка и ила, из которых создавались первые



Рис. 227. Вид земной поверхности после образования первых морей, но до появления жизни.

осадочные горные породы. Неуютно было на Земле, тем более что дышать было трудно, а питаться нечем.

Но мало-помалу условия улучшались, чаще проглядывало Солнце, реже разражались грозы, остывали водные бассейны, и в них появилась первая жизнь.

Это зарождение жизни составляет вторую, не разрешенную еще наукой загадку (первая загадка — образование Земли), и все, что говорится об этом, представляет только гипотезы. Этим пользуются все религиозные учения, выдвигая в той или другой форме всемогущего творца как создателя Земли и жизни. Но это не ответ, а отвод, так как вечное существование такого творца, которое предполагают религии, а также его всемогущество — еще большие загадки, чем зарождение жизни во Вселенной.

Наиболее вероятно, что жизнь зародилась сама в теплом первобытном океане, богатом разными солями; может быть, разряды электричества в виде молний понизировали воду, создали импульс для образования первых стяжений протоплазмы, комочков студенистого белкового вещества, представлявших **первые организмы; из них путем бесконечно долгой и сложной эволюции** развилось все живое — растения и животные.

Имеем ли мы какие-либо данные, чтобы судить о древних формах жизни на Земле? Да, имеем.

Окаменлости и их значение. Мы хорошо знаем, что в воде рек и озер существуют разные животные — рыбы, раки, лягушки, ракушки, пиявки и т. п. — и растут водоросли, кувшинки, камыши. В морях животный мир еще богаче; кроме рыб и раковина разнообразных видов, там попадаются морские ежи, звезды, лилии, кораллы, черви, губки и разные водоросли. Трупы

этих животных, стебли и листья растений часто падают на дно водоема и постепенно погребаются в том слое песка, ила или глины, который в это время осаждается из воды. Мягкие части тела животных — мясо, внутренности и пр. — гниют или съедаются другими животными, прежде чем труп совсем



Рис. 228. Коралл *Cyathophyllum heterophyllum* из девонских отложений.

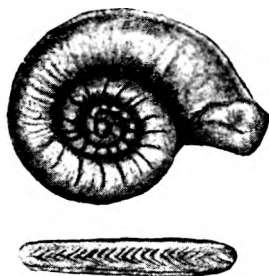


Рис. 229. Аммонит *Mimoceras gracile* из девонских отложений (вид сверху и сбоку).

покроется осадком, а твердые части — кости, зубы и чешуя рыб, панцири раков, ежей и звезд, раковины ракушек и пр. — остаются. В слоях песка, глины, мела они сохраняются целые тысячелетия и постепенно каменеют, а остатки растений превращаются в уголь. Со временем, когда река переменит свое русло, озеро высохнет или море отступит, эти остатки, обнажившись, смогут оказаться на сухом месте и даже в обрывах гор.

Эти окаменевшие или обуглившиеся остатки животных и растений называют окаменелостями (рис. 228—231). Они встречаются нередко в слоистых породах и имеют большое значение для науки, потому что только по таким окаменелостям мы можем узнать, какие животные и растения жили на нашей Земле в давно минувшие времена. Сравнивая окаменелости из разных пластов друг с другом, мы можем узнать, как изменялся животный и растительный мир на Земле. Изучение окаменелостей показало, что существа, населявшие Землю в давно минувшие времена, сильно отличались от тех, которых мы видим теперь, и чем больше веков прошло с тех пор, как они жили, тем больше и разница между ними и ныне живущими. Поэтому по окаменелостям мы можем судить о том, какие пласты горных пород образовались раньше и какие позже, можем разделить осадочные породы по их древности. По окаменелостям и горным породам, составляющим земную кору, мы можем поэтому выяснить себе всю историю нашей Земли с древнейших времен, когда человека еще не было, а следовательно, не было никаких

преданий и летописей, по которым ученые составляют представление о минувшей жизни и ее событиях.

В окаменелом виде мы находим остатки не только животных и растений, существовавших в воде. В воду часто попадают трупы животных и части растений, живущих на суше.

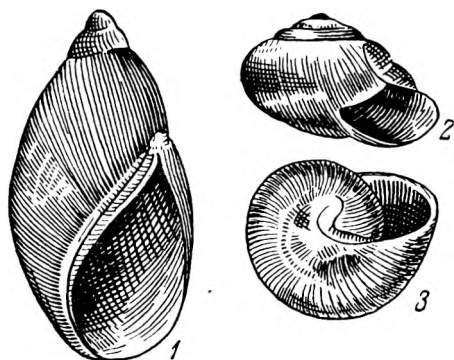


Рис. 230. Раковины брюхоногих моллюсков *Physa gigantea* (1) и *Helix* sp. (2,3) из третичных отложений.

Ветер сносит ветви и листья деревьев и кустов, растущих на берегах, в воду рек и озер, на дне которых они погребаются вместе с водорослями. В воду попадают и целые стволы деревьев, подмываемых течением или прибоем. Ливни смывают и уносят в реки, озера и моря листья и ветви, насекомых и сухонутых моллюсков, мелких птиц и зверей, даже живущих далеко от воды. Крупные животные иногда тонут, переплывая через реки,

или при наводнениях вязнут в болотах, и кости их погребаются вместе с остатками рыб и ракушек.

При вулканических извержениях остатки растений и мелкие животные попадают в слои туфов, образующихся на суше и в водоемах. Поэтому в пластах слоистых пород мы можем найти в виде окаменелостей также остатки наземных растений и различных сухонутых животных.

Большие количества остатков растений — стволов, стеблей, листьев, мхов, скопляющиеся на дне озера или в болоте, превращаются постепенно в целые слои торфа, бурого и каменного угля. Кости животных иногда скопляются целыми слоями так называемых костяных брекчий.

Преобразования лика Земли. С тех пор как поверхность Земли в зависимости от неравномерности затвердевания коры и прорывов магмы покрывалась возвышенными областями, составившими материки, и понижениями, в которых скопились воды, создавшие моря, геологические деятели, уже знакомые нам, начали свою работу над преобразованием этой поверхности, которую знаменитый геолог Зюсс назвал «лицом Земли».

Работа этих геологических деятелей не прерывается ни на минуту, но подвергается очень значительным колебаниям, усиливаясь в одних частях лика Земли и ослабевая в других.

Не все деятели работают непрерывно, и интенсивность ра-

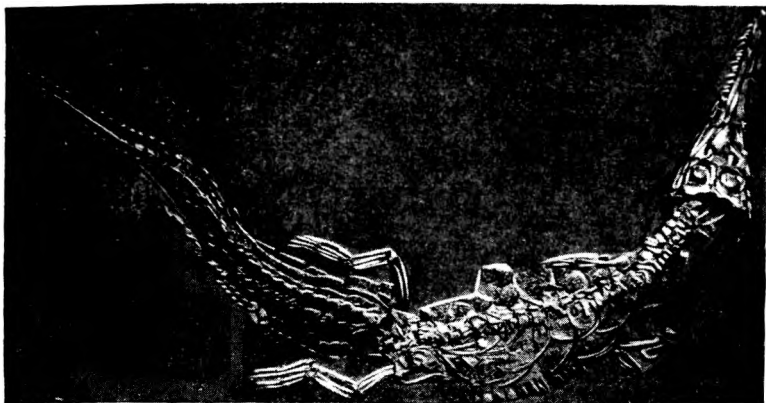


Рис. 231. Скелет ихтиозавра, морского пресмыкающегося нижней юры, на плите литографического сланца из Золенгофена (Бавария).
Длина скелета 3,9 метра.

боты каждого из них также колеблется вплоть до временного замирания. Так, например, в странах с умеренным и холодным климатом в зимнее время прекращается химическое и органическое выветривание и усиливается физическое. В тихие дни замирает работа ветра; но когда в одной стране тихо, в другой может свирепствовать ураган. Одни вулканы действуют непрерывно, но вяло, другие временно замирают, а потом проявляют энергичную или даже катастрофическую деятельность. Земная кора содрогается постоянно, но сильные сотрясения не так часты. Медленно, но неустанно создаются дислокации, но резкие нарушения происходят по временам, судя по сильным землетрясениям. День и ночь работает текучая вода, но в весеннее половодье и после сильных дождей работа ее усиливается, а зимой ослабевает. В горных странах работа ее энергична, на равнинах еле заметна, в пустынях проявляется очень редко, но с удвоенной силой. Работа прибой связана с непостоянством ветров.

Наиболее равномерно работают ледники вообще, но в разных местах своего ложа они действуют с различной энергией, а на продолжительных отрезках времени их работа также подвергается значительным колебаниям.

Эта неравномерность в работе геологических деятелей, более или менее резкие колебания в интенсивности этой работы позволяют геологам говорить о стадиях, фазах и циклах развития тех или других геологических процессов на Земле, подразумевая под циклами более продолжительные, а под фазами

и стадиями более короткие промежутки времени. Эти промежутки не только для различных процессов, но и для одного и того же процесса, но в разных частях лика Земли и в разные отрезки истории могут быть очень различными по продолжительности. Так, энергичную деятельность какого-либо вулкана можно назвать циклом или периодом, в котором различимы фазы, или, лучше, стадий пробуждения, выброса рыхлых продуктов, излияния лавы и замирания. Этот цикл у одного вулкана длится несколько дней, у другого — целые годы или десятилетия; один и тот же вулкан в разные эпохи может сильно менять продолжительность как цикла, так и отдельных фаз.

Наибольший интерес в истории Земли представляют циклы дислокаций, эрозии и оледенений. О последних мы уже говорили в гл. VI. Рассмотрим теперь первые.

Тектонические циклы. Хотя дислокации — движения в земной коре, изменяющие ее строение и взаимные отношения пластов горных пород, — происходят, как теперь думают, непрерывно, но в различной интенсивности этих движений едва ли можно сомневаться. История Земли подтверждает, что за известными промежутками времени, характеризующимися горообразованием, следуют промежутки, в течение которых созданные ранее горные цепи подвергаются усиленному размыву, который, конечно, происходил и во время горообразования, но позже сделался господствующим. Поэтому мы имеем право говорить о циклах дислокаций, сменяемых циклами эрозии или денудации, подразумевая под понятием денудации совокупность процессов выветривания и размыва (денудация значит обнажение).

Чтобы понять приводимые ниже термины, определяющие время циклов, взгляните на таблицу геологической хронологии, которую мы помещаем далее (см. стр. 279). В истории Земли различают следующие циклы дислокаций (тектонические): несколько древнейших, происходивших в архейскую и протерозойскую эры; затем каледонский, характеризующий первую половину палеозойской эры; варисский (или герцинский) — вторую половину этой эры; альпийский — мезозойскую и кайнозойскую эры. Последний теперь считают более правильным разделить на тихоокеанский, охватывающий мезозойскую эру, и собственно альпийский, обнимающий кайнозойскую эру. Каждый из этих циклов делится еще на несколько фаз, отделенных друг от друга более или менее длинными промежутками замирания или, во всяком случае, ослабления горообразовательных движений.

Циклы эрозии. Представление о них было разработано американским ученым Дэвисом и оказалось весьма способствующим пониманию развития форм земной поверхности. Каждый

цикл делится на стадии¹. После образования горной складки в виде длинного или короткого вспучивания земной поверхности текучая вода начинает врезать ложбины в крылья складок, превращающиеся в овраги, а затем в долины; но расчлененность местности еще слабая, склоны долин пологие. Многочисленные потоки воды еще не соединяются в сложные системы, а часто кончаются в озерах; главные реки следуют по естественным уклонам местности. Это — стадия детства.

Эрозия постепенно усиливается, долины врезаются все глубже и глубже, склоны становятся крутыми, образуются острые гребни, и на них выделяются вершины и седловины. Отдельные потоки соединяются в целые системы, часть озер исчезает. Расчлененность рельефа сильная и разнообразная. Размыв преобладает везде. Это — стадия юности.

Развитие продолжается дальше. Долины расширяются вследствие боковой эрозии; реки образуют извилины, острова, делятся на рукава. Склоны под воздействием денудации становятся менее крутыми, гребни и вершины округляются, водоразделы понижаются. Потоки соединяются в сложные системы. Расчлененность рельефа сильная, но формы его уже смягченные. Размыв ослабевает. Это — стадия зрелости.

Понижение водоразделов, округление гребней и вершин все усиливается, склоны становятся очень пологими, реки в широких долинах сильно извиваются, образуются многочисленные старицы и заболоченность. Перенос реками материала сильно замедляется, преобладает отложение. Рельеф становится плоским. Это — стадия старости.

Наконец, понижение водоразделов, пологость склонов, исчезновение всех неровностей рельефа достигают максимума. Работа воды совершенно ослабевает, реки еле текут, сильно извиваясь, многие долины осушаются. Страна настолько выглажена, что приближается к равнине, и рельеф так и называют почти-равниной. Это — стадия дряхлости.

Нужно заметить, что чем дальше подвигается цикл эрозии, тем длительнее становятся отдельные стадии. В стадиях юности и зрелости это обусловлено размерами углубления и расчленения, которые должна выполнить эрозия, а в стадиях старости и дряхлости — ослаблением размыва вследствие достигнутых ничтожных уклонов в руслах и пологости склонов.

В качестве примеров местностей, находящихся в различных стадиях цикла эрозии, назовем следующие: Северный Казахстан и Финляндия дают хорошие примеры стадий старости

¹ Под фазами нужно понимать совокупность процессов, которые приводят к определенному результату, а затем прекращаются, т. е. фазы разделены промежутками, тогда как стадии незаметно переходят одна в другую.

и сухлости, восточный склон Урала — стадии старости, водораздел и западный склон Урала, а также многие горы Сибири — стадии зрелости. Кавказ — стадии юности.

Омоложение цикла эрозии. Цикл эрозии может спокойно проходить все свои стадии только при условии полного покоя земной коры в данной местности, так как медленные движения в виде усиления складок, а тем более резкие изменения рельефа в виде сбросов, взбросов, флексур неминуемо должны более или менее сильно нарушать его. И история Земли дает немало примеров подобных нарушений. Представим себе почти-равнину или местность в стадии старости, которая будет быстро поднята в виде плоскогорья между двумя сбросами, т. е. простой горст. По окраинам последнего, где уклон резко изменился, немедленно начнет работать текучая вода, врезая ложбины. Ложбины потом превратятся в овраги и ущелья, верховья которых будут все дальше отступать в глубь горста. Последний переживет опять стадии детства, юности, зрелости и через долгое время может вернуться к стадии старости: в нем цикл эрозии возобновился, был омоложен.

Еще сложнее пойдет это омоложение, если почти-равнина будет разбита несколькими сбросами на отдельные полосы или клинья, которые будут подняты на различную высоту, по окраинам каждой полосы эрозия возобновит свою работу и превратит ступени сложного горста в расчлененные горные цепи.

Примеры такого омоложения можно привести относительно разных стран. Укажем Алтай, который был когда-то складчатой горной страной, затем был размыт и сглажен до состояния почти-равнины, разбит сбросами на клинья, различно поднятые и уже превращенные новым циклом эрозии в горные цепи различного расчленения. Но на их поверхности в разных местах можно еще видеть ровные участки прежней почти-равнины. Эти участки в совокупности со сложным строением цепей и несоответствием их направления с простиранием прежних складок говорят нам определенно, что Алтай является, как мы уже указывали, складчато-глыбовыми горами, что его возрождение в виде горной страны обусловлено омоложением цикла эрозии.

Признаками омоложения в других горах Сибири являются также крутизна склонов или ущелистость в долинах среднего и нижнего течения многих рек в связи с быстротой течения, порогами и даже водопадами, свидетельствующими об энергичном размыве и стадии юности. Наряду с этим в верховьях тех же рек плоские заболоченные долины, пологие склоны, сглаженные водоразделы, слабые медленно текущие потоки явно говорят о стадии старости. Сочетание тех и других признаков доказывает недавнее поднятие горной страны, создавшее омоложение эрозии в нижнем и среднем течении рек; но это омо-

ложение не успело распространиться до верхнего течения их, которое еще находится в стадии старости. Можно даже определить время последнего поднятия: ущелья рек врезаются в дно троговых долин, образовавшихся в последнюю ледниковую эпоху, — следовательно, поднятие произошло по окончании ее.

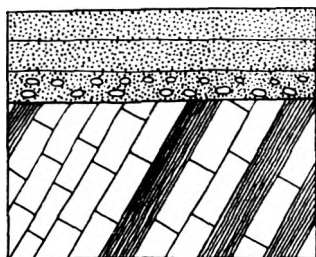


Рис. 232. Трансгрессия с абразией при резком угловом несогласии пластов.

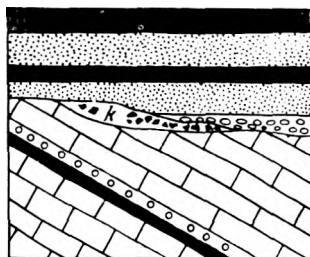


Рис. 233. Трансгрессия на поверхность денудации с остатком коры выветривания (К)

Первое оледенение развилось в стране с плоским рельефом, следовательно, новое поднятие имело место не в очень отдаленное время, а довольно близкое к началу последней ледниковой эпохи, так как эрозия не успела еще глубоко расчленить поднятую почти-равнину.

Трансгрессии и регрессии. В истории Земли приходится предполагать неоднократно наступание моря и покрытие им более или менее значительных пространств суши, а с другой стороны, отступания моря и увеличение площади суши. Первое называется трансгрессией, второе — регрессией. В одних случаях оба явления происходили одновременно, т. е. трансгрессии в одних частях земной поверхности соответствовали регрессиям в других, тогда как в иные эпохи наблюдалось преобладание или трансгрессий, т. е. вообще сокращение суши, или регрессий; последние обычно связаны с фазами горообразования.

При трансгрессии море может наступать на горную страну, постепенно уничтожая ее складки и создавая на месте их волно-прибойную террасу, перемещаемую в глубь суши. Этот процесс называется морской абразией, и морские осадки ложатся резко несогласно на головы пластов более древнего возраста, ранее подвергавшихся дислокации (рис. 232). Если море наступает на почти-равнину, созданную процессами эрозии и денудации, то морские осадки также будут ложиться резко несогласно на более древние пласты, имеющие различное положение, но в промежутке между тем и другими можно будет видеть остатки коры выветривания (рис. 233). Море может наступать

также на равнину, сложенную из более древних пластов, не подвергавшихся дислокации, и тогда его осадки отложатся поверх древних пластов как будто согласно, хотя отделены от них более или менее значительным промежутком времени. Такое соотношение будет скрытым несогласием, и при внимательном изучении на поверхности древних пластов найдутся следы размыва или выветривания и в самом нижнем пласте из молодых — обломки древних пород (рис. 234).

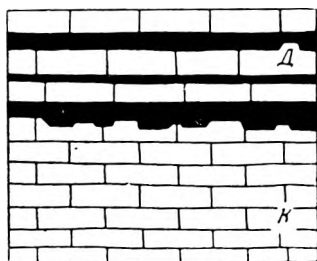


Рис. 234. Скрытое несогласие при большом перерыве в образовании толщ.

К — кембрий; Д — девон

Геологическая хронология. Геологическая хронология, т. е. схема последовательности событий в истории Земли, основана на изучении циклов дислокаций, эрозии, вулканизма, трансгрессий и регрессий и главным образом на изучении окаменелостей. Но отложения древнейших эпох истории Земли не содержат окаменелостей, так как первые существа, возникшие на Земле, не имели ни скеле-

та, ни твердой оболочки, способных к сохранению в отлагавшихся осадках. Эти отложения под воздействием жара, газов и паров обильных интрузий или очутившись на большой глубине под толщами более молодых отложений также под влиянием жара совершенно изменили свой первоначальный состав, приняли новый облик и превратились в породы, называемые метаморфическими.

Древнейшие эпохи тянулись очень долго. Только в конце их, когда жизнь уже развилась и появились более разнообразные формы, в осадочных толщах появляются первые окаменелости. главным образом водоросли разных видов, слагающие целые слои, отпечатки медуз, губок, а также формы, которые определяются как первые ракообразные, примитивные кораллы, следы ползания червей. Жизнь еще ютилась в воде, суша представляла абсолютную пустыню.

Эти древнейшие времена в истории Земли, начинающиеся образованием первых осадочных пород, называют *архейской эрой*. Эрой называют чрезвычайно продолжительный промежуток времени, в данном случае сотни миллионов лет. В образованиях архейской эры окаменелостей еще нет, но присутствие углерода в виде графита и мощных толщ известняков, скорее всего образовавшихся из органического известкового ила, позволяет думать, что жизнь в верхней половине этой эры уже появилась. Поэтому ее называют также *археозойской*, что значит



Рис. 235. Жизнь на дне кембрийского моря:
на переднем плане — трилобиты нескольких
родов, черви, морские звезды; сзади — водоросли,
губки, плавающие ракообразные, медузы

эра древнейшей жизни (архэос — по-гречески первоначальный, зоэ — жизнь).

Следующий отрезок времени, в течение которого образовались осадочные породы, не так сильно измененные, как архейские, а часто почти неотличимые по степени изменения от позднейших нормальных и содержащие уже несомненные остатки растений и животных, называется *протерозойской эрой*, т. е. ранней эрой (протерос — более ранний).

Иногда обе эти эры объединяют в одну и называют ее архейской или докембрийской; но это неправильно, так как



Рис. 236. Жизнь на дне силурийского моря; различные эйриптериды среди водорослей.



Рис. 237. Жизнь в девонском море: панцирные рыбы нескольких родов, среди них — огромный динихтис.

каждый из этих этапов слишком продолжителен. Кроме того, протерозойская эра отделена от архейской большим перерывом, в течение которого происходила дислокация архейских пород с обширными интрузиями, а затем созданные этой дислокацией складчатые горы были глубоко размыты, прежде чем началось отложение протерозойских осадков. Такие длительные и характерные перерывы вообще представляют лучший признак для разграничения эр друг от друга. Эти перерывы, которым свойственны явления дислокаций и размытия, а не отложения осадков, естественно лишены окаменелостей, что очень затрудняет определение продолжительности перерывов. По времени их приписывают к предшествующей эре, которую они заканчивают.

Протерозойская эра также кончается подобным перерывом, после которого начинается палеозойская эра, т. е. эра древней жизни (палеос — древний), уже содержащая многочисленные остатки разнообразной и быстро развивавшейся жизни. Они позволяют разделить эту эру на периоды, т. е. на менее продолжительные промежутки времени, именно (начиная с первых) периоды: кембрийский, силурийский, девонский, каменноугольный и пермский. Эра в общем отличается господством низших классов животных и растений, появлением наземных животных и огромным развитием наземных растений. На ее протяжении отмечают два цикла дислокаций — каледонский и варисский, каждый с несколькими фазами, несколько циклов эрозии и вулканизма, две или три большие трансгрессии, большую регрессию и оледенение в конце.

В кембрийском периоде жизнь сосредоточивалась еще в воде, а суша представляла собой пустыни. Появились уже в большом количестве ракообразные (трилобиты), оригинальные археоциаты, организмы, представлявшие нечто промежуточное между губкой и кораллом, первые плеченогие и брюхоногие (рис. 235); из растений господствовали водоросли. В начале средней эпохи произошла большая трансгрессия моря в Сибири, а в начале верхней — первая фаза каледонского цикла дислокаций и усиление вулканизма.

Силурийский период заканчивает господство морской жизни, так как в конце его появились первые сухопутные животные (скорпионы) и растения (псилофитон). В море преобладали ракообразные и плеченогие, но появились также головоногие, граптолиты, кораллы и первые рыбы (рис. 236). Археоциаты исчезли. В середине и в конце периода развились две фазы каледонского тектонического цикла и в связи с ними — регрессия моря и усиление вулканизма.

Девонский период отличается уже значительным распространением наземных растений. Обширного развития достиг класс рыб, главным образом палцирных форм, которые жили



Рис. 238. Болотистый лес из хвощей и папоротников каменноугольного периода.

не только в море, но и в устьях рек, в лагунах и, вероятно, пробовали вылезать на сушу, так как некоторые из них были двоякодышащими (рис. 237); известны также следы первых наземных амфибий. В морях сильно размножились плеченогие, разные отряды моллюсков, кораллы, ракообразные, достигавшие гигантской величины, зато исчезли граптолиты и сократились трилобиты. Последняя фаза каледонского цикла в начале периода вызвала большую регрессию моря, за которой в середине периода последовала трансгрессия, а в конце начался варисский тектонический цикл. Вулканизм был очень силен, особенно в первую и последнюю эпохи девонского периода.

Каменноугольный период отличается необычайным распространением и разнообразием флоры наземных тайнобрачных растений, образовавших огромные леса на болотистых берегах морей и создавших мощные и многочисленные пласты каменного угля, известные во многих странах (рис. 238 и 239). В этих лесах водились уже различные амфибии, появились пресмыкающиеся, в воздухе реяли крупные насекомые (стрекозы, жуки, бабочки). В морях вымирали трилобиты, пышно развивались кораллы, плеченогие, разные моллюски.

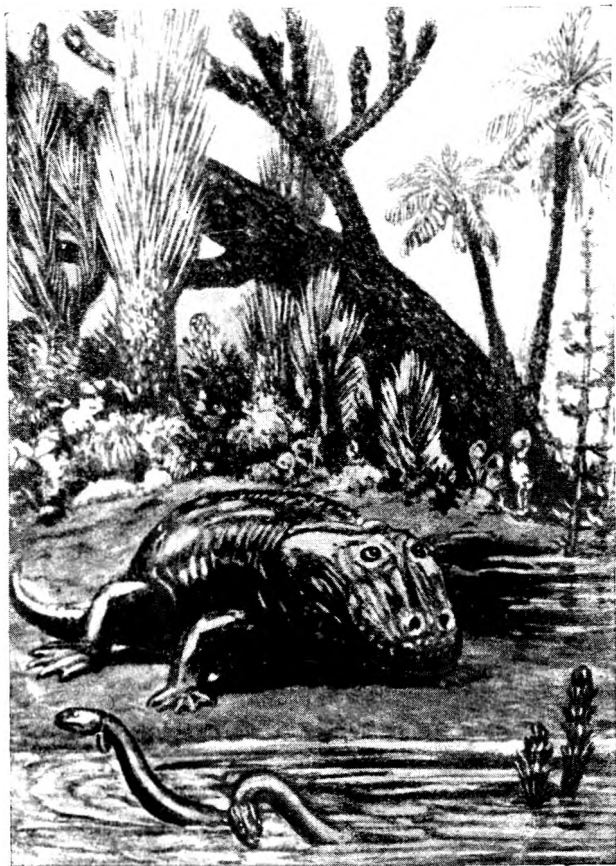


Рис. 239. В лесу каменноугольного периода: хвощи и папоротники, амфибия эриопс и змеевидные амфибии.

крупные корненожки; из позвоночных главную роль играли акулы. Несколько фаз варисского цикла вызывали регрессии морей и вспышки вулканизма.

Пермский период характеризуется, в противоположность каменноугольному, сухим и холодным климатом, вызвавшим обширное оледенение в южном полушарии, развитие пустынь, сокращение морей и образование в их лагунах мощных отложений солей в северном полушарии.

Эти процессы были связаны с несколькими фазами варисского цикла дислокаций, создававшими горные цепи и регрессии моря; весьма усилился вулканизм. На суше появились разнообразные хищные и травоядные пресмыкающиеся (рис. 240),



Рис. 240. Пустынный ландшафт пермского периода: сзади — ящеры наозавры, впереди — диметродон и другие — маленькие, без спинных гребней.

в лесах вымерли многие представители каменноугольной флоры и появились новые формы; пласты угля также образовывались в разных местах. В морях вымерли трилобиты, но сильно развились головоногие, особенно аммониты.

Мезозойская эра, или эра средней жизни (месос — средний), делится на периоды триасовый, юрский и меловой. Она отличается сильным развитием пресмыкающихся, а из моллюсков — белемнитов и аммонитов, из растений — более высоко организованных саговых и хвойных. Несколько циклов эрозии, вулканизма и ряд фаз тихоокеанского цикла дислокаций создавали трансгрессии, регрессии и изменяли лик Земли.

Триасовый период был временем сравнительного спокойствия земной коры. Большая регрессия в среднюю эпоху

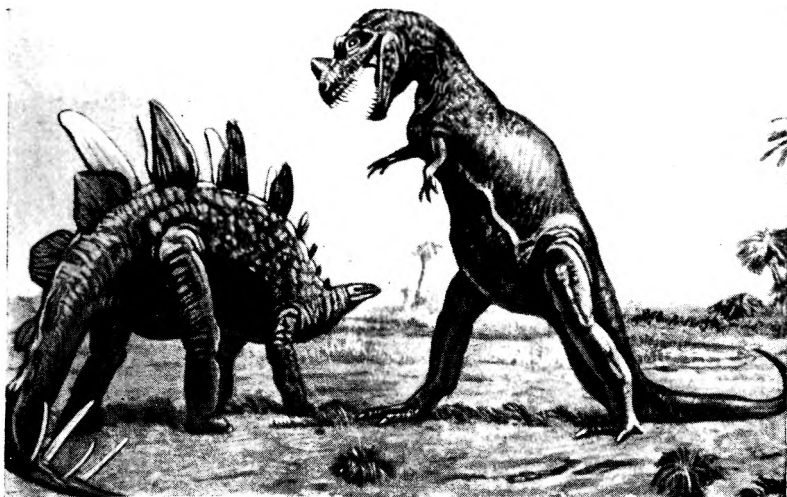


Рис. 241. Ящеры мелового периода: травоядный стегозавр со спинными щитами и хищный цератозавр.

и трансгрессия в верхнюю скорее были обусловлены плавными поднятиями и опусканиями, чем горообразованием. На суше господствуют пресмыкающиеся, представленные всеми главнейшими группами; в конце периода появились первые млекопитающие. В море жили разнообразные аммониты и морские пресмыкающиеся.

Юрский период характеризуется развитием горообразовательных движений, регрессий морей, распространением наземной флоры, создавшей ряд угленосных бассейнов; по запасам угля он стоит на втором месте после каменноугольного. Еще богаче представлены пресмыкающиеся, достигающие господства на суше и в морях; в последних, кроме аммонитов, пышно развиваются белемниты, новые формы двустворок, рифовых кораллов, ежей. Появились первые птицы, соревновавшиеся с летающими пресмыкающимися (рис. 242). Вулканизм усилился в конце периода.

Меловой период отличался усилением горообразования, большей регрессией в начале и трансгрессией в конце, оживлением вулканизма. На суше появились первые широколиственные деревья и покрытосемянные растения. Фауна представляла те же особенности, как и в юрском периоде (рис. 241); характерно появление крупных корненожек, разнообразных губок, отложение толщ белого мела. Началось вымирание аммонитов, развитие гигантских форм двустворок. Птицы были представлены зубастыми формами.

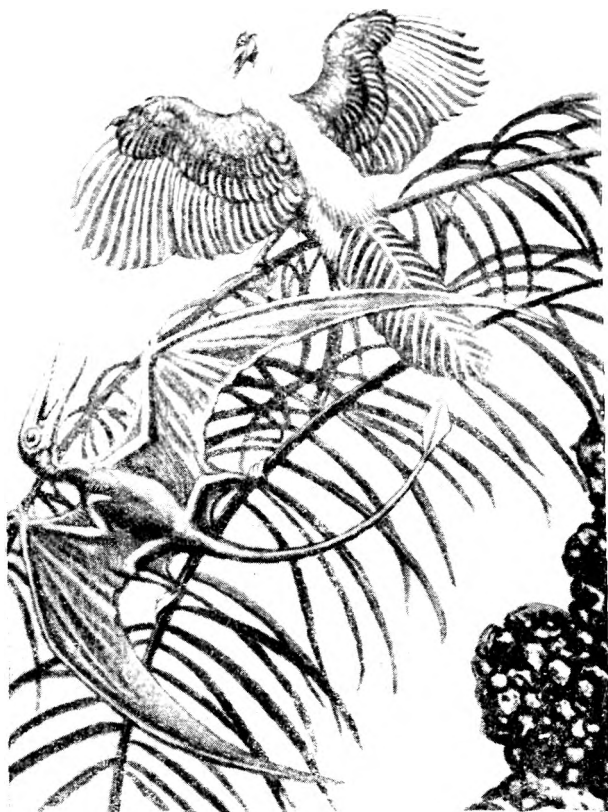


Рис. 242. Летящие ящеры юрского периода: голый птеродактиль и пернатый археоптерикс, родоначальник птиц.

Кайнозойская эра, или эра новой жизни (кайнос — новый), делится на периоды третичный и четвертичный. В течение этой эры земная поверхность и распределение материков и океанов, возвышенностей и низменностей после ряда преобразований дошли до современного состояния. Место пресмыкающихся, господствовавших в мезозойской эре, заняли млекопитающие и птицы; в конце эры появился человек, который впоследствии сделался хозяином Земли. В растительном мире преобладающее значение получили лиственные деревья и злаки. Близкая к современности часть эры характеризовалась сильным похолоданием климата и развитием нескольких ледниковых эпох.



Рис. 243. Третичный ландшафт: носорогообразное млекопитающее арсиноптерий, осаждаемый хищниками гиеподонами.



Рис. 244. Лес второй половины третичного периода, создавший пласты бурого угля. Пальмы и хвойные деревья.



Рис. 245. Первобытный человек обивает кремни для примитивных орудий.

Третичный период отличался проявлением нескольких фаз альпийского цикла дислокаций, охвативших геосинклинали мезозойской эры и краевые области Тихого океана и постепенно приблизивших рельеф Земли и распределение суши и моря к современному виду. В связи с этими сильными движениями чрезвычайно оживился вулканизм и создалось тихоокеанское кольцо вулканов и землетрясений.

На суше господствуют быстро размножающиеся млекопитающие (рис. 243) и птицы, лиственные деревья (рис. 244) и злаки, а в морях заметную роль начинают играть млекопитающие (китообразные и ластоногие); крупные корненожки (нуммулиты), двустворки, брюхоногие образуют целые толщи иластов, тогда как аммониты и белемниты исчезают. Климат к концу периода сильно охладился, и первую эпоху оледенения, называемую гюнц, относят к этому времени.

Четвертичный период, называемый также антропогеном ввиду господства человека, продолжающийся и в настоящее время, приводит последними фазами альпийского цикла к современному состоянию Земли. Смены похолодания и потепления климата создают три ледниковые эпохи: миндель, рисс и вюрм, разделенные межледниковыми. В областях, охваченных оледенением, происходит переселение фауны; арктические формы, продвигаясь на юг, вытесняют теплолюбивые, которые вымирают или эмигрируют еще южнее. В межледниковые

эпохи уровень океанов повышается, так как растаявшие льды увеличивают массу воды: происходят трансгрессии (а в ледниковые эпохи регрессии) морей. В середине четвертичного периода в разных местах появился человек (рис. 245), судя по найденным разнообразным остаткам орудий, но развивался он из обезьяноподобного животного раньше. Ряд медленных поднятий суши отмечается морскими и речными террасами, а последнее из них — омоложением эрозии.

С другой стороны, происходят опускания, и вода заливают прежнюю сушу в восточной части Средиземного моря, в южной части Черного моря, на севере и на востоке Сибири, где Сахалин отделяется от материка: создаются провалы — цепи озер Африки, грабены Красного и Мертвого морей и озера Байкал. Вулканизм сравнительно с третичным периодом мало-помалу ослабевает, хотя в начале периода вулканы дымились и лава изливалась еще на Кавказе и в Восточной Сибири.

Сведем теперь хронологическое деление истории Земли для удобства в таблицу, отметив, что отрезкам времени соответствуют и определенные толщи отложений осадочных горных пород, совокупность которых обозначается известными терминами. Так, отрезку времени «эра» соответствует для горных пород термин «группа», «периоду» соответствует «система», «эпохе» — «отдел», «веку» — «ярус».

Эры (группы)	Периоды (системы)	Эры (группы)	Периоды (системы)
1. Архейская			{ Триасовый
2. Протерозойская		4. Мезозойская	{ Юрский
			{ Меловой
3. Палеозойская	{ Кембрийский	5. Кайнозойская	{ Третичный
	{ Силурийский		{ Четвертичный
	{ Девонский		
	{ Каменноугольный		
	{ Пермский		

В настоящее время большинство геологов делит силурийский период на два и называет нижний — ордовик и верхний — силур, или готланд. Название эр и периодов вообще принято сокращать и говорить архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой, а для периодов — кембрий, силур, девон, карбон (вместо каменноугольного), пермь, триас, юра и мел.

Возраст Земли. Наша хронологическая таблица дает нам понятие только о последовательности отдельных промежутков времени, которые установлены для истории Земли. Она показывает, что кембрийский период предшествует силурийскому и является первым по возрасту в палеозойской эре, которую

закапчивает пермский период, что тот период, в котором мы живем, является десятым из установленных более точно на основании изучения окаменелостей, погребенных в пластах земной коры, что этим десяти периодам предшествовали еще целые две эры, очень продолжительные, в течение которых уже появилась жизнь. Но возраста, выраженного в годах, в той единичное времени, которую мы принимаем для истории человечества, эта таблица не дает. А между тем очень интересно знать, сколько лет продолжается тот или другой период, сколько лет вообще существует Земля?

Этот вопрос, естественно, занимал ученых уже давно, с тех пор как наука отвергла достоверность библейского летоисчисления, определившего возраст Земли со времени ее создания «всемогущим творцом». По исчислению англиканской церкви теперь идет 5964 год от сотворения мира, а по старому русскому — 7469 год. Эти цифры опровергаются уже тем подсчетом, который приведен в гл. VI и который показал, что понадобилось около 2000 лет только на то, чтобы убывавший в Швеции северный ледник отодвинулся на 400 километров; этот отрезок времени составляет только небольшую часть последней ледниковой эпохи, продолжительность которой, как предполагают, свыше 50 000 лет. А вся эта эпоха представляет только небольшую часть четвертичного периода.

Интересно отметить, что библейское летоисчисление не согласуется даже с летописями и преданиями других народов. Так, в летописях древнего Вавилонского государства говорится, что после сотворения мира праотцы вавилонян управляли страной в течение нескольких сот тысяч лет. Японские предания говорят о существовании первоначального населения островов Японии в течение нескольких миллионов лет. Древние китайские летописцы полагали, что до начала правления патриарха Яо в 2357 году до нашей эры прошло уже 3 266 000 лет, разделенных на 10 периодов; по другим данным насчитывают 2 миллиона лет. Эти исчисления японцев и китайцев, конечно, нужно считать преувеличенными, так как продолжительность всего четвертичного периода, как увидим далее, оценивают теперь в 1 миллион лет, а он обнимает всю историю человечества, включая и древнейший каменный век, о котором до нашего времени не могло сохраниться никаких преданий.

Возраст Земли пытались уже определить разными способами. Подсчитывали время образования дельты Нила на основании ее площади, мощности слоев и быстроты их отложения рекой. Пробовали определить, сколько лет понадобилось для образования в морях толщ осадочных пород всех периодов, начиная с палеозоя, на основании их общей мощности и скорости размыва суши, учитывая площадь последней и площадь

отложения осадков. По геотермической ступени определили, сколько лет понадобилось для охлаждения Земли до современного состояния. Теорию эволюции применили для определения числа лет со времени появления органической жизни. Астрономические данные — изменение эксцентриситета Земли, периоды перигелия и афелия, перемещения Солнечной системы в пределах Млечного Пути, эксцентриситет Меркурия, гипотеза приливного происхождения Луны — также были использованы для вычисления возраста Земли. Накопление солей в океанах позволило вычислить время, протекшее с начала их образования. Но все эти методы дали очень разнообразные и ненадежные результаты с колебаниями возраста Земли от 20 до 5000 миллионов лет, потому что все они были основаны или на предположениях о том, что процессы размытия и отложения осадков и накопления солей в прежние периоды шли с той же интенсивностью, как и в настоящее время, или на гипотезе постоянства астрономических данных, также сомнительной.

Гораздо лучшие результаты дали методы, основанные на открытии в XX веке превращения одних элементов в другие. Все содержащие радий вещества образуют два ряда изменяющихся и переходящих постепенно друг в друга элементов; один ряд начинается торием, другой — ураном, а оба оканчиваются свинцом; радий составляет один из промежуточных членов ряда уран — свинец. В этом ряду чем ближе к концу, тем скорее происходит переход одного элемента в другой.

Поэтому, если мы возьмем минерал, в котором содержатся и уран и свинец, или торий и свинец, и определим количество того и другого, то мы сможем вычислить, сколько лет прошло со времени образования этого минерала. А так как такие минералы можно найти среди отложений разных периодов, то этим способом мы определим и возраст каждого из них.

Второй метод заключается в определении количества гелия, выделяющегося при промежуточных превращениях урана и тория; возраст породы определяется по соотношению урана или тория, с одной стороны, и гелия — с другой.

Третий метод основан на радиоактивном распаде калия, приводящего в образованию аргона. Так как калий очень широко распространенный минерал, то можно во многих породах, определяя соотношение калия и аргона, узнать абсолютный возраст породы. Есть еще ряд методов, основанных на радиоактивном распаде других элементов. Самым точным является свинцовый метод; гелиевый и аргоновый в настоящее время дают еще иногда крупные ошибки в определении возраста.

Этим же способом выполнено уже много определений возраста пород и минералов из разных геологических периодов и получены следующие цифры продолжительности эр и периодов.

в миллионах лет (по последней таблице Марбл и Холмса, 1950 год).

Периоды	
Четвертичный . . .	1
Третичный	59
Меловой	70
Юрский	25
Триасовый	30
Пермский	25
Каменноугольный .	55
Девонский	55
Силурийский . . .	120
Кембрийский . . .	80
<hr/>	
Итого	520

Продолжительность эр, таким образом, составляет (в миллионах лет):

Кайнозойской . . .	60
Мезозойской . . .	125
Палеозойской . . .	335

Цифры эти не вполне точные, так как определения дают иногда разницу в несколько миллионов лет. Со временем, когда будет выполнено много определений из разных стран и из разных эпох одного периода, эти колебания будут все более уменьшаться. Точность до миллиона лет, которая может быть достигнута, будет вполне достаточна, так как при том огромном времени, с которым мы вообще имеем дело, миллион лет представляет для более далеких периодов величину небольшую.

В итоге эта хронология показывает, что продолжительность эр сильно возрастает вместе с их древностью. Это соответствует и другим данным, основанным на преобразованиях лица Земли, определениях мощности отложений соответствующего времени и на развитии органической жизни.

Нет еще точного определения продолжительности протерозойской и архейской эр, что обусловлено неизвестностью точно го начала каждой из них.

Полагают, что обе эти эры в совокупности продолжались не менее 1500 миллионов лет, из которых 500—600 миллионов лет занимает протерозойская эра. В общем продолжительность существования Земли со времени образования первых материков и океанов можно принять с достаточным основанием в 2 миллиарда лет.

Плавающие материи. В последние годы возникла гипотеза, иначе объясняющая образование современных морей, предложенная германским ученым Вегенером в 1912 году и американским — Тайлором в 1910 году (в менее подробно разработанном виде). Эти ученые полагают, что отдельные первоначальные выступы земной коры собрались в одно место, подобно тому, как маленькие пузыри на поверхности воды, притягиваемые друг к другу, сливаются в крупные. Так образовался первый большой материк Пангеа, т. е. праматерик, в котором совмещались все современные, включая Антарктиду. Затем, уже в каменноугольный период, Пангеа начала распадаться на части: Австралия и Антарктида отошли на юг, а Америка — на запад.

Этот распад продолжался десятки миллионов лет, и впадина Атлантического океана, отделившая обе Америки от Европы и Африки, образовалась только в третичный период, а окончательно сформировалась в четвертичный (см. рис. 246). Мысль о прежнем соединении материков возникла при рассмотрении карты: очертания западного и восточного берегов Атлантического океана действительно совпадают, особенно Африки и Южной Америки: если придвинуть их друг к другу через океан, берега будут соприкасаться почти везде, и небольшие пробелы легко объяснить размывом. На это впервые обратил внимание в 1877 году русский ученый Е. В. Быханов.

Но приходится спросить, почему материи сначала соединились друг с другом, а потом опять распались?

Вегенер считает, что распадение Пангеи обусловлено вращением Земли. Земля вращается вокруг своей оси с запада на восток, и западная часть Пангеи должна была при этом движении постепенно отставать и отрываться от восточной части вследствие силы инерции, т. е. стремления масс остаться на месте, которое противодействует силе движения на восток, развивающейся на земной поверхности при вращении Земли. В настоящее время производится точные определения положения берегов Атлантического океана, чтобы узнать, разошлись ли материи или нет.

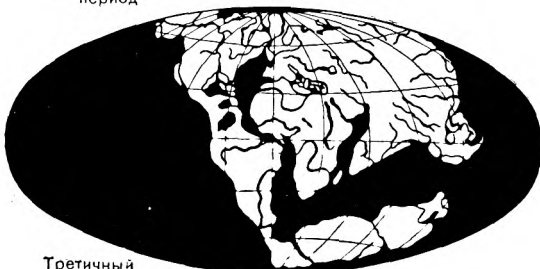
Но вы, конечно, спросите, каким образом громадные массы материков могут двигаться, хотя бы очень медленно, по поверхности Земли?

Вам знакома сила тяжести, обусловленная притяжением Земли. Благодаря этой силе мы держимся на земной поверхности, несмотря на быстрое вращение Земли; благодаря ей мячик или камень, который вы подбрасываете высоко вверх, падает потом вниз. Благодаря той же силе земной шар состоит из слоев разного состава; когда он был в расплавленном состоянии, самые тяжелые вещества, как железо, свинец и другие

металлы, собрались большими массами ближе к центру шара, а более легкие остались на его поверхности и образовали при остывании кору. Поэтому Вегенер пришел к выводу, что материи, состоящие из более легких горных пород, плавают на



Каменноугольный период



Третичный период



Плейстоцен

Рис. 246. Распад первичной суши на современные материи по Вегенеру.

более тяжелом внутреннем базальтовом слое, подобно тому, как льдины плавают на воде. А если они плавают, то могут перемещаться, конечно, очень медленно, потому что базальтовый слой гораздо более вязкий, чем вода.

Верхний слой, состоящий из горных пород с преобладанием кремнезема и алюминия, называют «спаль» (соединяя первые буквы слов «силиций» и «алюминий»), а нижележащий, более

тяжелый, на котором спаль плавает, называют «сима», так как в его составе, кроме кремнезема, много магния.

Гипотеза Вегенера объясняет образование высокой горной цепи Кордильер и Анд, окаймляющей берег обеих Америк. тем, что при смещении этого материка на запад получилось сильное смятие осадочных толщ у западного берега вследствие сопротивления слоя «сима» напору слоя «спаль» на запад.

Гипотеза Вегенера, сначала увлекавшая многих ученых, вызывает серьезные возражения, между прочим и потому, что расположение отдельных горных цепей на земной поверхности не согласуется с ней или даже противоречит ей. В Европе и Африке, которые также должны напирать на запад в связи с вращением Земли на восток, нет горных цепей вдоль западных берегов, а в Азии горные цепи расположены вдоль восточных берегов, которые согласно этой гипотезе не подвергаются давлению слоя «сима».

В настоящее время гипотеза перемещения материков считается геологами непригодной для объяснения изменений лица Земли.



XI

КАТАСТРОФЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Что такое катастрофа. Паводнения. Силы, или мурь. Обвалы. Оползни. Провалы. Ураганы — самумы, тайфуны. Лавины. Извержения вулканов — Везувий. Лысая гора, Бандайсан, Кракатау, Санта-Мария. Землетрясения — Лиссабон. Мессина, Крым, Алма-Ата, Кавказ, Америка, Новая Зеландия, Япония. Катастрофы прошлого. Содом и Гоморра. Атлантида. Трансгрессии и регрессии. Оледенения. Гибель фауны и флоры. Всемирный потоп.

Катастрофой называют какое-либо событие, возникающее внезапно, протекающее в сравнительно короткое время и влекущее за собой гибель людей или их имущества и сооружений. Крушение поезда, автомобиля, разрушение дома, падение самолета, пожары представляют катастрофы очень кратковременные. Катастрофы, обусловленные силами природы, также часто являются внезапными и кратковременными, как обвалы, падение лавин, землетрясения, тогда как другие продолжают часы, дни и даже недели, как паводнения, оползни, извержения вулканов. Эти катастрофы можно предвидеть и принимать своевременно меры к спасению: они не являются внезапными, случайными, хотя их также называют катастрофами. Таким образом, эпидемии, голод, войны в истории человечества можно также

считать катастрофами, т. е. событиями, нарушающими нормальное течение жизни.

В геологии внезапно наступающие разрушительные явления прежде называли катаклизмами. В младенческие годы этой науки им приписывали всеобщий характер и, приводя всемирный потоп в качестве бесспорного доказательства, объясняли ими геологические периоды. В XVIII веке крупный французский геолог Бюффон в своем знаменитом десятитомном сочинении «Эпохи природы» доказывал, что в конце каждой из устанавливаемых им эпох грандиозные катаклизмы в виде извержений, землетрясений, наводнений совершенно преобразовывали лик Земли и уничтожали все живущее, создаваемое в начале следующей эпохи в более совершенной форме новым актом творения. Эта теория периодических катастроф получила большое распространение и господствовала до тридцатых годов XIX века, когда Ляйелль показал, что история Земли является непрерывным преобразованием ее лика теми же естественными силами, которые мы наблюдаем в настоящее время, а катастрофы представляют случайное явление. Позже Дарвин доказал, что и органический мир подчиняется тому же закону непрерывного и медленного развития и преобразования, а не периодической гибели и возрождению.

Хотя теория Бюффона ныне отвергнута и было доказано, что катастрофы не играют господствующей роли в преобразовании жизни и лика Земли, все-таки значение их следует признать немаловажным. В особенности это надо сказать о катастрофах более длительного характера, так как они производят сильное разрушение существующего и создание нового. Поэтому мы посвящаем целую главу этим событиям в истории Земли.

Разве нельзя считать катастрофическими, несмотря на их огромную длительность, первые века истории Земли, описанные в предыдущей главе? Едва сформировавшаяся земная кора разрывалась то тут, то там, и потоки лавы изливались на поверхность или выбрасывались огненными фонтанами при внезапных выделениях газов. В страшно густой атмосфере, насыщенной парами и газами, происходили сильнейшие электрические разряды в виде молний, ударяли в скалы. А позже, когда начали образовываться моря, содрогания и разрывы земной коры еще продолжались, вулканические извержения, может быть, достигали еще большей силы, а страшные ливни, сопровождаемые громом и молнией, бичевали сушу и море. Только мало-помалу из повседневных и длительных эти катастрофические явления превратились в кратковременные и случайные и сделали возможным возникновение и развитие жизни которая в первые эпохи была бы немедленно уничтожена.

А теперь вернемся к современности и познакомимся с катастрофами разного рода.

Наводнения. Начнем по порядку с деятельности текущей воды. Этот агент работает непрерывно и равномерно. Но по временам ручьи и реки выходят из берегов и затопляют окружающую местность. Это явление называется наводнением и причиняет более или менее крупные бедствия. Всякое весеннее половодье может превратиться в наводнение, если богатая снегом зима и дружное таяние его весной создадут слишком быструю прибыль воды, не уместящейся в русле. В странах с теплой зимой нередки наводнения осенью или зимой в связи с сильными и главное непрерывными дождями, создающими чрезмерную прибыль воды. От таких наводнений часто страдают Южная Франция, Испания, Италия. В других странах наводнения приурочены к лету, обильному дождями. Таковы Забайкалье и особенно Амурский край и Приморье, тогда как весеннее половодье там в связи с малоснежной зимой безопасно.

Не дожди, а ветер обуславливает наводнения, от которых страдает Ленинград преимущественно осенью: ветры в Финском заливе, дующие с запада, нагоняют воду в устье Невы, задерживают сток воды, поднимают уровень Невы и заставляют ее выходить из берегов и затоплять улицы города, расположенного на плоской дельте. Нередко осенью поднимается вода, но катастрофические наводнения отмечались раз в столетие — последние были в 1824 и в 1924 гг. Подобные же наводнения, обусловленные штормами с моря, характерны для низменных мест в устьях рек Инда, Ганга, Хуанхэ, Янцзы, сток которых задерживают морские волны. Низменные берега могут подвергаться наводнению и вне устьев рек при очень сильных ветрах с моря; это случалось на берегах Германии, Голландии и Англии при исключительных штормах на Балтийском и Северном морях.

Вышедшая из берегов река размывает дороги, портит мостовые (особенно торцовые, так как торцы всплывают и уносятся), покрывает песком и илом луга и пашни, подмывает каменные дома и легко уносит деревянные, которые уплывают целиком, сорванные с фундамента. В уцелевших домах затопляются подвалы и нижние этажи, которые после спада воды долго остаются сырыми. Дрова и лесные склады на берегах и во дворах могут быть унесены целиком. Всякие склады продовольствия и вещей в затопленных помещениях портятся и гибнут, машины ржавеют.

В качестве примеров наводнений опишем два.

Хуанхэ в нижнем течении на Великой китайской равнине по причине заиления русла отложением лёсса, толщи которого она

размывает в гористой части Китая, течет местами выше уровня равнины между искусственными земляными дамбами. Каждую весну при половодье эти валы где-нибудь размываются и река затопляет более или менее обширные площади с деревнями, садами и пашнями. Население постоянно боролось с прорывами валов и называло реку «горем Китая». Только после освобождения Китая правительством Китайской Народной Республики было предпринято широкое гидротехническое строительство при участии широких масс населения, что предотвратило возможность прорыва дамб; излишек воды Хуанхэ поступает в оросительные системы и судоходные каналы.

В Соединенных Штатах Америки во второй половине января 1937 года длительные ливни в промежутках со снегопадом вызвали небывалое по размерам наводнение. Все притоки реки Миссисипи, особенно Огайо, Арканзас, Ред-Ривер, стали повышать уровень и к 25 января создали опасность потопа. В долине Огайо в это время уже пострадало более миллиона человек, а 27 января пришлось провести эвакуацию населения всей долины Миссисипи вниз от Огайо до устья в полосе по 80 километров в каждую сторону, так как этой части долины грозило затопление. Одна река Огайо изливала 135 000 гектолитров в минуту, и стало ясно, что плотины по реке Миссисипи, сооруженные для защиты от наводнений из расчета расхода воды в этой реке в 108 000 гектолитров, не выдержат напора. Для эвакуации в первый же день доставили 35 000 грузовых автомашин, но многие не успели выехать из угрожаемой зоны. Вода заливала вниз по течению все новые города, и в большинстве случаев дома, особенно бетонные, через несколько часов начинали разваливаться; люди, спасавшиеся в начале потопа в верхних этажах, погибали вместе с домами. Скорость течения достигала огромной величины — до 56 километров в час, и река смывала все сооружения. В некоторых городах в течение одного дня погибло $\frac{3}{4}$ всех домов и большинство жителей осталось без крова; в уцелевшей высокой части Луисвилля возникли пожары при разрушении бензинохранилищ. Шайки бандитов, прибывшие на моторных лодках, занимались не спасением людей, а грабежом. Продолжавшиеся дожди и холод усиливали бедствие. Убытки достигли 2—3 миллиардов долларов.

Сили, или муры. В странах с сухим климатом случайные сильные ливни образуют бурные потоки — сили, или муры, — и также создают катастрофы. Например в городе Алма-Ате 8 июля 1921 года после полудня разразился ливень, длившийся часа четыре. Вечером река Малая Алмаатинка, текущая с гор Тянь-Шаня, вышла из берегов и хлынула в город волнами, достигавшими 1—2 метров высоты, которые несли

вывороченные в горах большие ели, бревна и доски дачных построек, разрушенных рекой в горной долине. Главный поток пошел по центральной улице и сносил небольшие деревянные дома со всеми живущими, по вода заливала и боковые улицы и дворы, всюду производя разрушения. Много глинобитных домов было подмочено, попорчено, большие деревянные сдвинуты с места. Поток принес с собой массу гравия, гальки, валуны весом в несколько тонн и отложил все это слоем до 1,5 метра. В верхней части главной улицы была промыта рывина в 2 метра глубиной, в которой застряли принесенные валуны весом до 25 тонн. Много людей, захваченных потоком, утонуло; насчитывалось 500 погибших. К полуночи поток прекратился. По грубому подсчету, он вынес на площадь города 3,6 миллиона тонн твердого материала, и так как он работал 5 часов, то каждую секунду он выносил 200 тонн. В этот же день разрушительные потоки — силы — с гор наблюдались на протяжении 25 километров к западу и на 60 километров к востоку от Алма-Аты. Главная масса осадков выпала в горах; в Алма-Ате за этот день выпало только 27 миллиметров дождя.

Катастрофический ливень имел место в горах Хамар-Дабана на южном берегу озера Байкала, у железнодорожной станции Слюдянки, 29 июня 1934 года. Перед тем в горах три дня шел непрерывный дождь, почва вся насытилась водой, и в последний день по самым маленьким долинкам, всегда безводным, текли целые потоки, а по склонам вода шла сплошной пеленой. В ночь с 28 на 29 июня река Слюдянка вышла из берегов и ринулась огромным потоком, затопила поселок станции, снесла 8 домов, разбила бетонную плотину у водохранилища на отдельные куски и глыбы, часть которых снесла в Байкал. Все огороды были уничтожены, на месте их осталось поле громадных валунов до 1—1,5 метров в диаметре каждый, а на станции все пути были покрыты слоем песка и ила толщиной до 1 метра. Несколько составов поездов было занесено выше колес. На территории путей, по подсчету, было отложено 153 000 кубометров песка и ила. Река местами промыла себе новое русло глубиной в 6 метров и унесла в Байкал массу деревьев; в горах рыхлая почва склонов сползала и обрушивалась целыми участками. В долине Слюдянки в нескольких километрах выше поселка, возле каменоломни, с незапамятных времен лежал громадный валун выше человеческого роста — после сия он исчез. В поселке за эти три дня выпало только 50 миллиметров дождя, а в горах, наверное, не меньше 500—600 миллиметров.

Грозный силь я видел в августе 1912 года в Боржоме, в Закавказье. После короткого сильного ливня Бешеная балка



**Рис. 247. Устье Бешеной балки на левом склоне долины рени Куры
в Боржоми после селя в начале августа 1912 г.**
(Фото С. В. Обручева, 1912)

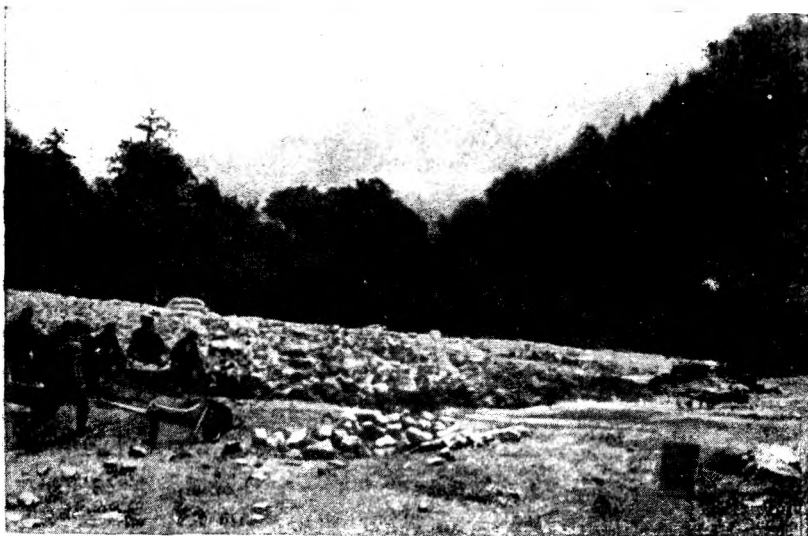


Рис. 248. Отложения слия Бешеной балки, завалившего шоссе на левом берегу реки Куры в Боржоми в августе 1912 г.

(Фото В. А. Обручева, 1912)

на левом склоне долины реки Куры выбросила в эту долину огромную массу камня, песка и ила, перекрывавшую шоссе толщиной в 2 метра, которую потом убирали несколько дней. Эта балка потому и называется Бешеной, что после каждого ливня происходят силевые выносы. Балка короткая, но разветвленная, и крутые склоны ее почти оголены; вода быстро смывает с них массу материала и превращается на дне балки в бурный поток, насыщенный камнями и грязью (рис. 247 и 248).

Обвалы разных размеров представляют нередко катастрофы, обусловленные процессами выветривания и подмыва, землетрясениями и неосторожной работой человека.

Массы горных пород, срываясь с крутых склонов, засыпают дороги и уничтожают леса, сады, разрушают здания и губят людей. Так, на Южном берегу Крыма зимой 1923 года со скалы Кошки сорвался камень более 3 метров в диаметре и разрушил половину дома у подножия. Опишем несколько крупных обвалов, причинивших большой вред.

В 1881 году в Швейцарии склон горы Чингель около селения Эльм обрушился в результате неправильной работы в каменоломне. Сорвалась масса породы в 10 миллионов кубометров со склона в 70° крутизны и покатилась с такой силой, что многие обломки взлетели на высоту до 100 метров на противоположном склоне долины, а другие отлетели на 1500 мет

ров в стороны. Обвал засыпал площадь в 89 гектаров, разрушил 83 здания и похоронил 115 человек. Все это случилось менее чем в 2 минуты (рис. 249).

В 1911 году на Памире с крутого склона долины реки Бартанг у селения Серез вследствие землетрясения сорвалась масса в размере 2200 миллионов кубометров, засыпала всю долину

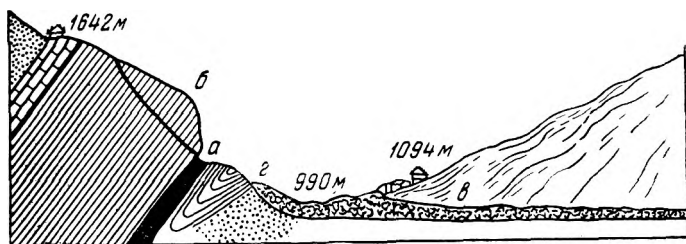


Рис. 249. Обвал у селения Эльм в Швейцарии.

а — каменоломня; б — оторвавшаяся масса сланцев; в — площадь отложения обломков; г — место засыпанного селения.

вместе с селением и создала громадную плотину, которая запрудила реку и обусловила образование большого озера. Возникло опасение, что когда сток этого озера размост рыхлую толщу обвала, громадная масса воды может прорваться и вызвать опустошительное наводнение ниже по долине, довольно густо населенной и плодородной. Однако масса обвала, составлявшая около 6 миллиардов тонн, оказалась настолько прочной, что размыв ее идет медленно, и озеро существует до сих пор (рис. 250).

Во время землетрясения 1887 года в городе Верном (Алматы) в долине Ак-Джар горной цепи Заилийский Алатау с высоты 300 метров произошел обвал с площади в 2,8 миллиона кв. метров. Громадные обломки гранита, диорита и сланцев, весом до 500 тонн, заполнили всю долину и образовали каменную осыпь, превратившую цветущую, покрытую лесом долину в полную пустыню. Эта осыпь достигала 2 километров длины, 200 метров ширины и 100 метров толщины и имела объем не менее 40 миллионов кубометров. Во время этого землетрясения, а также следующего в 1911 году, в этих горах произошло много обвалов, засыпавших юрты казахов. Общая масса обвалов 1887 года в этой местности оценивалась в 440 миллионов кубометров и произвела колоссальную механическую работу.

На Кавказе в 1898 году в Дальском ущелье реки Кодор (район Сухуми) обвал горы создал запруды в 150 метров вышины и громадное озеро выше нее, которое существовало несколько недель. На Южном берегу Крыма около селения



Рис. 250. Усойский обвал на Памире: спереди — масса обвала, слева и справа — озера Шадау-Куль и Серез, образовавшиеся выше обвала.

Кучук-Гой в XVIII веке огромный обвал известняков с хребта Яйлы частью засыпал, частью сдвинул в море много домов и садов. Описание крупных обвалов только последних столетий могло бы занять целую книгу.

Оползни нужно также причислить к геологическим катастрофам, хотя они протекают гораздо медленнее, чем обвалы, и представляют смещения более или менее крупных масс, ползущих вниз по склону в течение минут, часов или даже дней. Они обусловлены деятельностью грунтовых вод, но часто непосредственно вызываются землетрясениями, подмывом нижней части склона текучей водой и прибоем волн, а также срезанием склона при земляных работах и нагрузкой склона зданиями.

Описание катастрофических оползней также заняло бы много страниц, но мы можем дать только несколько примеров.

Весьма типичен оползень на берегу моря у Лайм-Риджес в Англии. Берег сложен здесь из белого мела, песчаников с кремнями и рыхлого песка меловой системы, подстилаемых юрской глиной, которая водонепроницаема. Пласты наклонены к морю, и грунтовая вода стекает по глине, образуя многочисленные ключи и создавая условия для сползания вышележащей толщи. После дождливой погоды 1839 года, напитавшей водой эти толщи и тем самым увеличившей их вес, 24 декабря весь берег пришел в движение, разбился на громадные глыбы, разделенные расселинами и оврагами, и пополз к морю. Давлением масс выдвинуло со дна моря гребень длиной в километр

и высотой в 12 метров, состоявший из оторванных глыб, покрытый морскими водорослями, раковинами, морскими звездами и пр. и образующий теперь ряд утесов.

Возле Одессы берег моря состоит сверху из третичных глин, подстилаемых известняком, который покоится на синей глине; но последней грунтовые воды стекают к морю и вызывают периодические оползни (рис. 251). Крупные глыбы отрываются от берега, ползут, опрокидываются; все побережье разбито расселинами и оврагами, а со дна моря выдавливаются отмели. Эти оползни систематически сокращают площадь лучшей дачной местности города, уничтожая сады и разрушая здания. Размеры оползней увеличились с тех пор, как здесь стали добывать известняк для городских построек и обширные каменоломни дали доступ атмосферным осадкам к нижней глине.

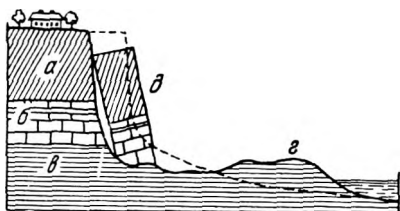


Рис. 251. Разрез оползней у Одессы. а — глина; б — известняк; в — синяя глина; г — выпученное дно моря; д — сплошная масса. Пуантиром обозначен профиль берега до оползня.

Южный берег Крыма стадает от оползней почти на всем протяжении. Здесь на поверхности сильно складчатых сланцев и песчаников триаса и нижней юры лежит мощный слой грубого делювия, образующегося от разрушения и обвалов вышележащих мощных известняков верхней юры, слагающих обрывы Яйлы. В этот делювий проникают атмосферные осадки и источники Яйлы, и он сползает по крутым откосам сланцев вместе со зданиями и садами, пересекается трещинами, разрушает дома. Берег Черного моря от Туапсе до Сухуми также неустойчив; ближайшей причиной оползней часто являются подмыв берега прибоем и срезание его при проведении железной дороги и шоссе.

Правый берег Волги в разных местах — в Ульяновске, Вольске, Саратове, Сызрани, Батраках и др. — часто сползает, потому что он состоит из водонепроницаемых и водоносных слоев и наклонен к реке. Естественные условия, способствующие оползням, усугубляются неосторожностью человека, срезавшего нижнюю часть склона для проведения улиц, дорог к пристаням и напружающего вышележающий склон зданиями, которые со временем обязательно разрушаются. Отсутствие канализации в городах увеличивало раньше количество воды, проникающей в водоносные слои (рис. 253).

Западный берег озера Байкал от истока реки Ангары до станции Култук обусловлен крутым сбросом, создавшим глубокую впадину озера. При проведении железной дороги это не

было учтено; многочисленные тоннели и выемки пересекают оконечность мысов между долинами слишком близко к крутым береговым откосам, где твердые горные породы разбиты трещинами, параллельными главному сбросу, и потому неустойчивы. Происходят обвалы стенок выемок, искривления пути, выпадение глыб из сводов тоннелей вследствие продолжающихся мелких подвижек вблизи сброса (рис. 252).

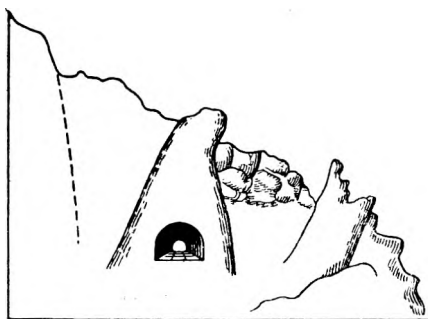


Рис. 252. Мыс «Вторые столбы» на оз. Байкал с трещинами сбросов по обе стороны тоннеля.

Провалы почвы, обусловленные растворяющей деятельностью подземных вод в гипсе и известняках и образованием пустот, свод которых обрушивается, мы уже описали в гл. III. Иногда они являются катастрофами — когда проваливаются целые здания. Человек вызывает подобные провалы откачиванием воды из артезианских

скважин (если откачивание создает пустоту), удаляя воду с песком из плавучего слоя или чечевицеобразной залежи.

Так объясняют падение колокольни св. Марка в Венеции, а также разрушение 14 домов вокруг площади в городе Пила (в Крайне, Польша), где была заложена буровая скважина, из которой вода шла с песком.

Ураганы часто создают катастрофы, нередко очень крупных размеров. Песчаные ураганы Африки характерны для области Сахары, где их называют *хамсин*; такие же ветры в Аравии носят название *самум*. Уже за час до начала самума на юге видны тяжелые желтые тучи, воздух становится душным, люди бывают встревожены, даже верблюды беспокоятся. Песчаный ураган действует на некоторых людей оглушающе, случается смерть, по-видимому, от теплового удара. Поэтому самому приписывали ядовитые свойства. При трении во время самума песчинки электризуются, и шерстяная одежда может давать искры. Всего опаснее самум в районах сыпучих песков, где барханы превращаются в движущееся песчаное море. Если самумом застигнут караван, — верблюдов укладывают на землю спиной к ветру, а люди ложатся под их защитой, укрываясь одеялами; уши и нос приходится затыкать ватой и задерживать дыхание, чтобы не заполнить легкие песчаной пылью. Когда самум пронесется, верблюдов приходится откапывать из песка. Обычно он продолжается только несколько часов, но если затянется — гибель каравана неминуема.

Нашествие дюнных и барханных песков на поля, сады, селения и города, которые пески хоронят под собой, также можно отнести к катастрофам, хотя это нашествие развивается медленно, занимая месяцы и годы (рис. 254). Случаи засыпания оазисов песком в короткое время известны, но представляют очень редкое явление.

Гораздо ужаснее ураганы, свирепствующие по временам вдоль восточных берегов Азии и Северной Америки. В Азии они называются тайфунами (по-китайски «тай» — большой, «фын» — ветер), возникают под тропиком Рака и проносятся на север вдоль берегов Китая и по островам Филиппин и Японии. В Америке они возникают в Карибском море и охватывают южный и восточный берег США. Эти ураганы налетают со страшной силой, вырывают деревья, валят телеграфные столбы, срывают крыши и легкие постройки; они сопровождаются проливным дождем, а на берегу моря также прибоем, затопляющим берега на некоторое расстояние. Последствием тайфуна всегда являются материальные убытки и гибель животных и людей, убитых обломками и утонувших.

Ураганы иногда случаются и в других местностях, но редко достигают силы тайфунов. Упомянем о весенних пыльных бурях Украины, уносящих с засеянных полей слой земли и обнажающих семена или даже корни озимых, о суховеях Заволжья, дующих из пустынь Средней Азии и губящих растительность, о боре Новороссийска — урагане, который покрывает ледяной корой дома, улицы, корабли в порту и причиняет большие разрушения.

Лавины в горных странах представляют катастрофы, повторяющиеся ежегодно. На крутых склонах гор с подветренной стороны могут накапливаться большие массы снега, которые, наконец, срываются, скатываются вниз в виде лавин или снежных обвалов и производят более или менее сильные разрушения.

Лавины разделяются на сухие, мокрые и ледниковые.

Сухие лавины срываются зимой после сильного снегопада без оттепели, когда надувы снега на гребнях и крутых склонах достигают такого размера, что сотрясение воздуха от порыва ветра, выстрела, даже громкого крика вызывает их отрыв. Последний очень облегчается, если свежий снег ложится на гладкую, схваченную после оттепели морозом поверхность старого снега. Эти лавины летят вниз и одновременно наполняют воздух снеговой пылью, образующей целую тучу (рис. 255).

Мокрые лавины срываются зимой после сильного снегопада при резкой оттепели, а также весной при таянии и состоят из снега, более или менее липкого, пропитанного водой. Массы снега в надувах становятся тяжелыми при таянии,



Рис. 253. Оползни третичных и четвертичных отложений на берегу реки Томи выше города Томска.
Фото В. А. Обручева, 1904)



Рис. 254. Защитная стена на берегу Балтийского моря на острове Узедом, разрушенная при урагане в декабре-январе 1913—1914 гг.



Рис. 255. Пылевидная сухая лавина в Швейцарских Альпах.

а подстилающая поверхность скалы — скользкой от смачивания водой; снег, наконец, срывается и скользит вниз, захватывая по пути снег на нижележащем склоне; отдельные глыбы катятся, и на них налипает снег. Поверхность этих лавин очень неровная, а снеговой тучи при падении не получается (рис. 256).

Ледниковые лавины представляют конечную часть висячего ледника, которая по временам срывается, отделившись от остальной массы, и в виде хаоса обломков скатывается до подножия склона. Как показывает название, эти лавины состоят из льда.

Лавины в горных странах причиняют большой вред: они уничтожают лес на своем пути, заваливают речные долины, железные и другие дороги, прекращая сообщение, засыпают дома и надворные постройки вместе с людьми и скотом, при этом часто сносят крыши, выдавливают стены и окна. Толщина снега внизу, где лавина остановилась, нередко достигает 10—20 метров, так что для очистки домов и дорог и спасения людей и животных нужно проводить глубокие траншеи. Об убытках от лавин дает понятие следующая статистика по одному только району Швейцарии за начало февраля 1689 года, отличавшегося исключительно сильным снегопадом:

Погибло людей	120	Убито крупного	
Откопано живых людей	180	рогатого скота	326
Разрушено домов	119	Убито коз и овец	584
Разрушено сараев, сеновалов	629	Сломано деревьев	1830



Рис. 256. Мокрая лавина в Швейцарских Альпах.

Это была катастрофа необычайная по размерам, менее крупные происходят довольно часто, а мелкие — ежегодно в Альпах Швейцарии, Франции и Италии.

У нас в Советском Союзе от лавин страдают многие местности на Кавказе. На Военно-Грузинской дороге ежегодно в высокогорной части срываются лавины, иногда прекращающие сообщение на несколько дней. На Алтае, в Тянь-Шане и на Памире лавины также нередки, но из-за сравнительно слабой населенности этих гор вред от них пока небольшой. На Кольском полуострове в Хибинском массиве от лавин начали страдать по-

стройки и люди апатитовых рудников и города Кировска; в феврале 1938 года несколько зданий с людьми было засыпано. На склонах Хибин для защиты от лавин были возведены противолавинные сооружения.

В горах снеговые надувы образуются ежегодно в определенных благоприятных для этого местах и дают начало более или менее крупным лавинам, в зависимости от количества снега, числа дней непрерывного снегопада и внезапных оттепелей. Пути таких лавин известны, на них население не возводит зданий. Главный вред причиняют лавины, срывающиеся при неключительных обстоятельствах в необычных для них местах: они уничтожают целые полосы леса и засыпают постройки на нижней части склонов. От лавин иногда погибают даже опытные альпинисты, проходящие по склонам ниже снеговых надувов или по последним.

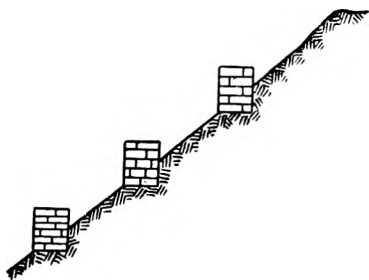


Рис. 257. Защитные стенки на склоне, с которого срываются лавины.

Предохранительные меры от этих катастроф состоят в следующем. Крутые склоны, где образуются снеговые надувы, разбивают скальными работами на ступени или возводят ряд каменных стенок вдоль склонов (рис. 257); то и другое задерживает срывание снега. Ниже границы леса ту же роль играет посадка деревьев на крутом склоне. Дороги защищают деревянными тоннелями. Так, на Военно-Грузинской дороге в тех местах, где ежегодно скатываются лавины, шоссе проходит сотнями метров по тоннелям. Ледниковые лавины сравнительно редки и срываются периодически с некоторых ледников, оканчивающихся на склоне. Девдоракский ледник горы Казбек на Кавказе при периодическом наступании по временам заваливал долину Терека и Военно-Грузинскую дорогу. Последний крупный завал в 1832 году составил 12,8 миллиона кубометров льда и камней, слетевших по ущелью реки Амалишки со скоростью 2,5 километра в минуту в долину Терека. При наступании ледник перегораживает ущелье реки Амалишки в узком месте ледяной плотинкой, которая подпруживает воду; последняя, накопившись, прорывает плотину и уносит вниз по ущелью массу льда и камней.

Подобную же катастрофу произвел Санибанский ледник в 1902 году, запрудивший обвалом реку Гепал-дон и засыпавший около 100 человек, лечившихся на горячих источниках Кармадон; причиной обвала было землетрясение.

Катастрофы, обусловленные подирудой воды концом наступавшего ледника или скоплением ее в ледниковых пещерах. случались несколько раз в Альпах Швейцарии и Савойи.

Извержения вулканов нередко сопровождаются более или менее крупными катастрофами, описания которых могли бы составить целую книгу. Из более древних известна гибель городов Геркуланума и Помпеи в 79 году нашей эры у подножия Везувия, который считался потухшим вулканом. Его кратер даже зарос лесом, в котором укрывался Спартак, предводитель восставших рабов; плодородные склоны были покрыты растительностью, и у подножия располагались многочисленные цветущие селения. Извержение началось совершенно внезапно, без предупредительных признаков, судя по описанию очевидца — Плиния-младшего, дядя которого, естествоиспытатель Плиний-старший, погиб при катастрофе. Это описание является древнейшим документом по вулканологии.

Деятельность Везувия началась со страшного взрыва, разрушившего пробку в жерле, которая была выброшена на склоны в виде града камней; затем была выброшена огромная масса белой пемзы, похоронившая Помпею; за ней следовала более темная пемза, потом еще более темные шлаки и во время главной фазы — колоссальные массы пепла, затемнившие Солнце в окрестностях Везувия.

Сильные землетрясения, сопровождавшие извержение, опустошили страну; на склоны вулкана выпали ливни и образовали с пеплом кашеобразные массы, потекшие в виде грязевых потоков вниз и затопившие Геркуланум. В конце, вероятно, прорвалась лава в виде потока Каstellо ди Цистерна, излившаяся на необитаемые болота северного подножия вулкана. Такова была катастрофа, погубившая 25 000 человек, засыпанных пеплом или утонувших в грязи, как показали раскопки, вскрывшие в погибших городах здания, улицы, всю домашнюю обстановку и остатки людей на улицах и в домах, застигнутых смертью в разных положениях.

Подобная же катастрофа произошла на наших глазах. в 1902 году, на острове Мартиника, одном из Малых Антильских, при пробуждении вулкана Мон-Пеле (Лысой горы). Он считался потухшим, и у населения острова не сохранилось преданий о его деятельности. Склоны его были покрыты лесом, в кратере стояло озерко среди леса, где жили птицы и звери.

Вулкан начал подавать признаки жизни в конце апреля в виде легких сотрясений почвы, выделения из кратера дыма и паров с пеплом, а из трещин — сернистых газов, отравивших массу птиц. Животные начали покидать леса, но люди, жившие в многочисленных фермах на склонах и в городе Сен-Пьер

у подножия, боясь покинуть на произвол судьбы свое имущество, не бежали. 5 мая грязевой поток уничтожил завод на склоне; очевидно, озеро кратера было выброшено в виде воды и грязи взрывом. 7 мая опять выпадал густой пепел и раскаленные бомбы, сильные грозы вызвали грязевые потоки. Наконец, утром 8 мая из кратера со взрывом вырвалась огромная туча, которая помчалась со скоростью курьерского поезда вниз по склону, одновременно разрастаясь вверх и в стороны и превращаясь в колоссальный столб клубящихся и крутящихся черно-лиловых густых облаков, беспрерывно прорезаемых молниями.

Столб этот достиг нескольких тысяч метров в высоту и уничтожил все на своем пути к берегу моря. Через несколько минут после взрыва город Сен-Пьер, отстоявший в 8 километрах по прямой линии от кратера, превратился в развалины и 26 000 человек погибли¹. Палящая туча сжигала листву и ветви деревьев, траву и кусты, сносила крыши, валила стены зданий, а людей душила и жгла раскаленными газами, смешанными с пеплом. Даже вне самого пути тучи, но по соседству с ним, люди задыхались, растительность засыхала.

На кораблях, стоявших на рейде Сен-Пьера, возникли пожары и также были жертвы. Во время этого взрыва из кратера поднялась к небу в виде толстого раскаленного столба очень вязкая лава, образовавшая «иглу» Лысой горы высотой в 140 метров, постепенно разрушавшуюся распадением на глыбы (рис. 258). Вулкан долго не мог успокоиться и неоднократно выбрасывал подобные же палящие тучи, избиравшие только другой путь к морю — по долинам рек Бланш и Сеп. На этом пути, как показали исследования, отложились массы пепла, мелкие и крупные бомбы и целые глыбы величиной с двухэтажный дом, которые принесла палящая туча. Эта страшная катастрофа позволила ученым изучить новый, не известный ранее тип извержений, названный пелейским. Карта северной части Мартиники показывает площади, опустошенные палящими тучами и сильным выпадением пепла (рис. 259).

Иной характер имело извержение вулкана Бандайсан в Японии 15 июля 1888 года. В 7 часов утра был слышен гул, через полчаса последовали сотрясения, и вскоре столб паров и пыли поднялся на 1300 метров. Затем последовало 15—20 взрывов, выбрасывавших массы твердых пород почти в горизонтальном направлении. Столб поднялся до 6000 метров, горячий пепел погрузил местность в полный мрак, взрыв вырвал в вулкане подковообразный кратер диаметром в 2 километра, и весь материал взрыва направился горизонтально в виде горячей лавины: ему предшествовал ураган со скоростью 40 метров

¹ Остался в живых один арестант, заключенный в подвале.



Рис. 258. Игла Лысой горы (Мон-Пеле) на острове Мартинике, выдвинутая в раскаленном состоянии из кратера вулкана при извержении 1902 г.

в секунду, валшивший деревья и срывавший одежду с людей. Обломками была покрыта площадь в 71 квадратный километр, погибло свыше 400 человек. Все извержение длилось только 2 часа, но мрак продолжался 8 часов. Этот вулкан бездействовал около 1000 лет; его пробуждение почти уничтожило старый конус высотой в 670 метров.

Необычайной катастрофой было извержение вулкана Кракатау в Зондском архипелаге 26 и 27 августа 1883 года, сопровождавшееся такими взрывами и ударами вроде выстрелов, которые были слышны в Индии, в Австралии, на Новой Гвинее и на Филиппинах, т. е. на расстоянии до 3600 и даже до 4800 километров. Воздушные волны

от взрыва вызвали сотрясение зданий на расстоянии до 850 километров. Половина вулкана, представлявшего остров между Суматрой и Явой, частью погрузилась в море, частью была превращена в обломки и пепел. Последний создал такой мрак, что судно, застигнутое в Яванском море, было вынуждено остановиться; на палубу падал дождь пепла, жидкой грязи и кусков пемзы; люди задыхались от сернистого газа; куски величиной с голову падали в 20 километрах от вулкана, а величиной с кулак — в 40 километрах и при выбросе неслись со скоростью пушечного ядра. Главное бедствие составили морские волны, созданные провалом вулкана; у берегов Явы и Суматры они достигали от 20 до 35 метров высоты, затопляли берега, смывали селения и погубили 35 000 человек. Эти волны дошли до Индии, Южной Африки и берегов Северной Америки, от Панамы до Аляски. Слой пепла в окрестностях Кракатау достигал в толщину 16 метров, на Суматре 1 метра, а мелкий пепел затемнял Солнце в Японии и других местах на расстоянии свыше 3000 километров. Этот пепел, долго плававший в атмосфере, обусловил синеватый цвет солнца и луны в Африке и на островах Тихого океана и замечательные красные зори, в конце 1883 года и в начале 1884 года наблюдавшиеся на всей Земле.

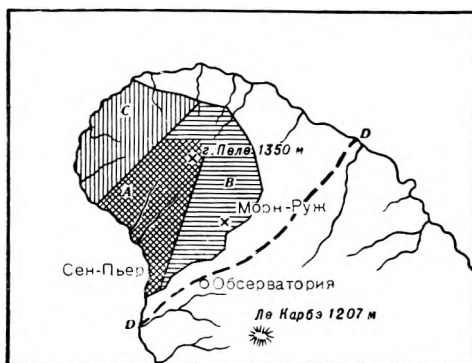


Рис. 259. Карта северной части острова Мартиники.

А — площадь, опустошенная палящей тучей 8 мая 1902 г.; В — прирост ее при извержении 30 августа; С — площадь, сильно засыпанная пеплом; D—D — границы площади выпадения пепла.

Упомянем еще извержение вулкана Санта-Мария в Гватемале (Центральная Америка) 24 октября 1902 года после периода полного спокойствия. Оно началось землетрясением, после которого туча камней и пепла была выброшена на высоту 10 000 метров; 18 часов продолжалось извержение пепла и пемзы; обломки падали на расстоянии 14 километров от вулкана.

26 октября извержение кончилось; оно дало 5,5 куб. километра рыхлых продуктов, которые покрыли окрестности вулкана слоем в 1—3 метра и больше, уничтожив многочисленные плантации. На склоне вулкана образовался новый кратер в 600 метров глубины и 1 километр в диаметре, из которого продолжались слабые выделения паров и пепла. В конце года он начал наполняться водой; в 1906 году эту воду взрывы по временам выбрасывали вверх подобно гейзерам.

Излияний лавы извержения вулканов Бандайсан, Кракатау и Санта-Мария не дали, и вообще главной причиной гибели людей является не лава, а газообразные и рыхлые продукты извержений, как показали также Везувий в 79 году и Лысая гора в 1902 году.

Вследствие нагревания воздуха при извержении вулкана Тамбора на Яве 10 апреля 1815 года образовался ужасающий смерч, который снес целые селения и леса, поднимал вверх деревья, дома и скот и крутил их в воздухе, пока через час его сила не ослабла; многие из поднятых предметов упали в море. При этом извержении погибло более 56 000 человек.

В общем весьма неполная статистика человеческих жертв извержений 57 вулканов с 1500 года насчитывает 190 000 человек; 93% падают на Тихоокеанское полушарие и только 7% — на Атлантическое, где главные жертвы понесли Италия с Сицилией и Исландия. Убытки от гибели скота, сооружений, плантаций не поддаются учету. Главные причины катастроф — палящие тучи, пепел, бомбы, горячие газы, воздушные и морские волны и только на последнем месте лава. Пожары лесов и полей и эпизоотии скота также числятся в качестве последствий извержений.

Землетрясения по своим последствиям для человека занимают первое место среди катастроф в истории Земли. Описание их также заполнило бы целую книгу, но мы можем рассказать только о нескольких. При катастрофах этого рода главной причиной гибели людей являются разрушение зданий и сопровождающие его пожары; большую роль играют также морские волны, вызванные ударами и затопляющие берега; на третьем месте стоят обвалы и оползни в горах и провалы суши. Материальные убытки также обусловлены главным образом разрушением зданий и других сооружений; уничтожение культурных угодий

сравнительно невелико. Но землетрясения имеют то преимущество, что предотвратить их гибельные последствия в значительной степени можно возведением антисейсмических построек, тогда как в отношении вулканических катастроф провести единственную рациональную меру — полностью покинуть окрестности действующих и подозрительных вулканов — человек не желает. Полной гарантии эта мера, впрочем, дать не может, что ясно из всего сказанного.

Во время землетрясения 526 года нашей эры, охватившего побережье Средиземного моря, погибло от 100 000 до 200 000 человек.

В 1693 году на острове Сицилии было убито 60 000 человек. Лиссабонское землетрясение 1755 года чувствовалось на площади, в четыре раза превышающей Европу; в Португалии почти все города были разрушены, пострадали также города Испании — Мадрид, Севилья, Кадис. Погибло 32 000 человек от разрушения зданий и 60 000 от мощной волны моря, сначала отступившего, а затем нахлынувшего на берега. Эта волна достигла в Лиссабоне 26 метров высоты и смыла массу людей, спасавшихся на набережной; в Кадисе она достигла 20 метров высоты, в Марокко и на острове Мадейре — 5—6 метров.

При мессинском землетрясении 1908 года, охватившем оба берега грабена между Сицилией и Италией, погибло 83 000 человек, и почти все города на берегах были разрушены, образовались трещины, и целые полосы суши (в том числе набережная в Мессине) опустились в воду. Сильное разрушение зданий в значительной степени было обусловлено недоброкачеством строительного материала, употреблявшегося при постройке, — валуны вместо кирпича и глина вместо цемента. Те же причины способствовали усилению катастрофы при землетрясении 1927 года в Крыму. Здания, построенные из хорошего материала, большей частью уцелели, а построенные из плохого разрушились (рис. 260). При этом землетрясении многие жители боялись, что Крым может провалиться в Черное море, как провалилось когда-то южное продолжение Таврических гор, лежащее ныне на дне глубокой южной части моря. Но определение эпицентров этого и последующих землетрясений показало, что они расположены на дне моря, в 30 километрах от берега Крыма, и, по-видимому, приурочены к линии разлома, отделяющей опустившуюся часть суши от поднятой, представляющей Крымский полуостров. Землетрясения показали, что вдоль этой линии до сих пор периодически происходят смещения, и наиболее вероятно, что южное крыло этого сброса продолжает опускаться, а северное — подниматься. Последнее подтверждается смещением нулевой линии на сейсмических станциях, наклонившейся в сторону моря. Поэтому более вероятно, что и в будущем

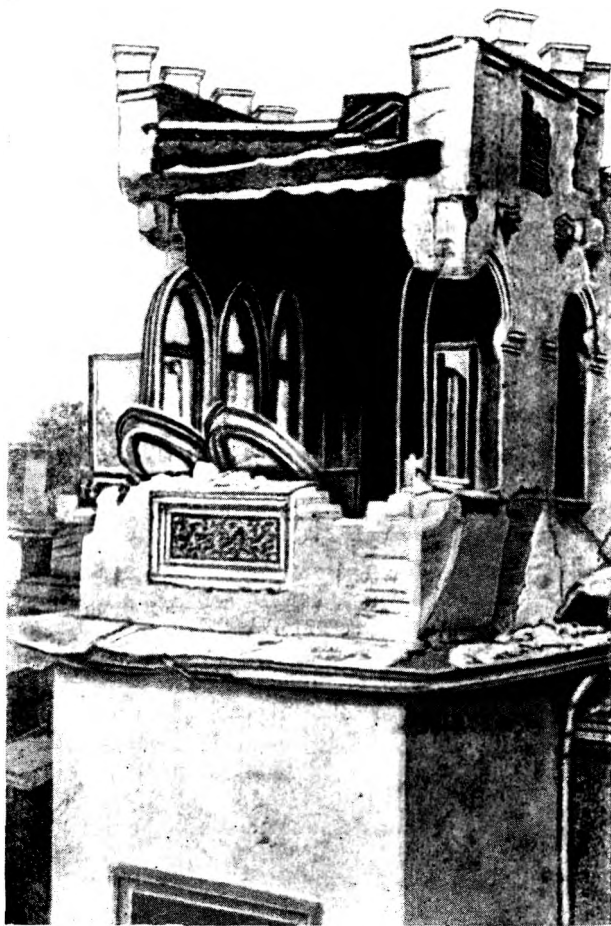


Рис. 260. Разрушения верхнего этажа дома. Ялта.
Землетрясение 1927 г.

при землетрясениях Крым будет подниматься, т. е. провал ему не грозит.

Землетрясение 1887 года в городе Верном (Алма-Ата) разрушило около 1500 зданий, но погубило не более 330 человек, включая и окрестности. Это объясняется тем, что жилые здания почти все были одноэтажные, улицы широкие, здания стояли далеко друг от друга и местность вообще была слабо населенной.



**Рис. 261. Сильное разрушение в городе Сан-Джовани.
Мессинское землетрясение 28 декабря 1908 г.**

На Кавказе от землетрясений особенно страдают южное подножие Большого Кавказа в районе городов Шемахи и Нухи и Малый Кавказ в пределах Армении. При землетрясении в Шемахе в 1902 году было разрушено 9500 и повреждено 4000 домов, убито 86 и ранено 60 человек, погибло 400 голов скота. Малое число жертв обусловлено тем, что и здесь дома большей частью одноэтажные, а землетрясение случилось днем. Гораздо губительнее было землетрясение того же года в Андижане и Фергане, случившееся ночью и погубившее 4500 человек и 7000 животных.

На американском берегу Тихого океана от землетрясений особенно страдает Южная и Центральная Америка. В 1797 году четыре пятых города Рпобамба было разрушено и погибло до 40 000 человек; соседний городок Лактакуна разрушается почти каждые 10 лет. В 1812 году был разрушен в 30 секунд город Каракас; с тех пор там в каждом доме имеется безопасная стенка, у которой сохраняются ломкие предметы; эта сторона зданий (северная) выбрана потому, что разрушительные удары проходят большей частью с запада на восток.

Новая Зеландия также страдает от землетрясений. В 1931 году катастрофа охватила город Нейшпир на восточном берегу северного острова: были разрушены все каменные здания и загорелись все нефтяные цистерны; воды для тушения не было,

и огонь в центре города бушевал еще 7 часов после первого толчка. Портовый квартал был сметен горящим газoliном. В районе залива Хок разрушено 5 городов, которые горели в то время, пока продолжались толчки. Вдоль морского берега на протяжении 120 километров образовались оползни и трещины до 30 метров длиной, реки изменили свои устья, канализационная система вся была разрушена; местами поднялся берег и отступило море; в районе землетрясения забились гейзеры — сначала воды, а затем грязи, запрудившей реку и вызвавшей наводнение.

На западном берегу Тихого океана от землетрясений всего больше страдает Япония, где с 1604 по 1914 год погибло 103 189 человек и разрушено 521 000 зданий. Самым губительным было землетрясение 1 сентября 1923 года, охватившее восточный берег главного острова Хонсю. Столица Японии Токио и большие города Иокогама и Иокосука были разрушены в двое суток землетрясением и пожаром, 8 менее крупных городов были совершенно разрушены и 11 сильно пострадали. Общее число разрушенных домов составило 653 000, пострадавших людей 3 060 000, без вести пропавших 42 000. Убыток составил 10 миллиардов иен. В Токио после первого толчка пожар сразу вспыхнул в 76 местах; разрушение водопровода, завалы улиц, сильный ветер и размер площади, охваченной пожаром, сделали тушение невозможным, в результате выгорело три четверти города. В Иокогаме загорелись склады нефти и керосина. Горящая нефть разлилась по воде бухты и поджигала деревянные суда. Тысячи людей погибли от огня и дыма. Морская волна, вызванная землетрясением, разрушила берег и смыла более 500 домов. За 1 и 2 сентября отмечено 356 толчков (рис. 263).

В общем только при 7 более сильных землетрясениях с 1755 по 1915 год погибло более 300 000 человек, а в Японии в 1923 году — 142 000. В Китае, по старым хроникам, с 1038 по 1850 год погибло при землетрясениях 1 415 000 человек и в 1920 году еще около 200 000. Эти крупные цифры объясняются тем, что много людей погибло в лёссовых пещерах, в которых ранее жила значительная часть населения Северного Китая. Таким образом, эта очень неполная статистика доказывает, что гибель людей и сооружений от землетрясений значительно больше, чем от всех других катастроф.

Катастрофы прошлого. Все описанные катастрофы разыгрались или на наших глазах или в самом недавнем прошлом, в последние тысячелетия. Нельзя сомневаться, что они происходили и в древности и иные из них могли достигать очень крупных размеров. К таким катастрофам можно отнести библейское сказание о гибели городов Содома и Гоморры, которые провали-

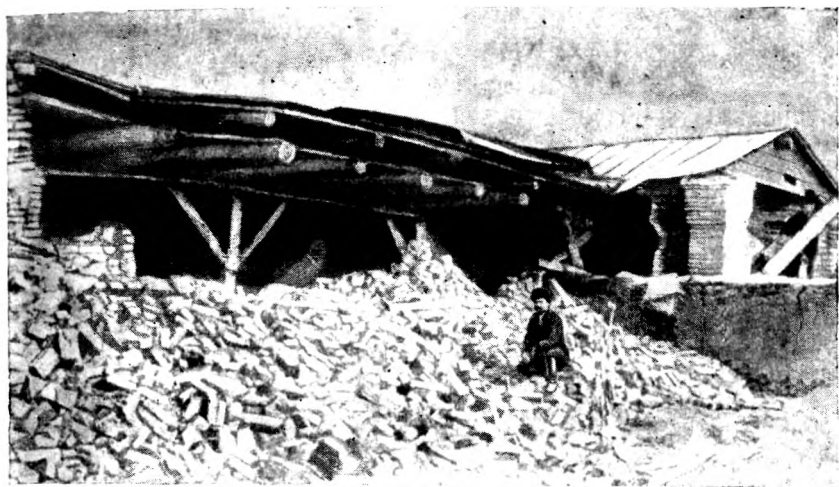


Рис. 262. Бани в Алма-Ате после землетрясения в начале января 1911 г.



Рис. 263. Японское землетрясение 1 сентября 1923 г. Развалины текстильной фабрики и соседних домов в Токио.

лись в землю будто бы за грехи своего населения. Эти города находились на том месте, где теперь расстилается Мертвое море, а последнее, как доказала геология, расположено в грабене, т. е. в провале, которым заканчивается крупная зона опусканий и провалов, идущая из центра Африки вдоль больших озер и затем представляющая впадину Красного моря и долину Мертвого моря с Иорданом. Поэтому вполне возможно, что библия описывает в искаженной форме действительное событие, случившееся в древние времена, — провал двух городов при землетрясении.

Еще грандиознее была катастрофа, уничтожившая Атлантиду, как называлось государство, расположенное на крупных островах в Атлантическом океане к западу от Гибралтара. Согласно двум диалогам Платона «Тимей» и «Критий», за восемь тысяч лет до времен Солона многочисленные войска короля Атлантиды завоевали всю область Средиземного моря, и только Афины сопротивлялись им успешно, но были бы побеждены, если бы не страшное землетрясение, во время которого Атлантида в одну ночь погрузилась в океан, а волны его опустошили берега Средиземного моря. Легенда правдоподобна, потому что острова восточной части Атлантического океана все вулканические и о прежнем существовании большой суши между Европой и Америкой говорят некоторые геологические и зоологические данные.

В том же роде, вероятно, была катастрофа образования Эгейского моря, также в виде провала, который случился уже в начале четвертичного времени и дал доступ водам Средиземного моря в Черное.

Все описанные нами катастрофы являются закономерными спутниками вулканических извержений, землетрясений и других природных сил, но территориально ограниченными. Но нет ли в истории Земли доказательств крупных катастроф, охватывавших одновременно большие площади суши и потому имевших возможность оказать существенное влияние на органический мир?

Трансгрессии и регрессии. Оледенения. Мы уже знаем о трансгрессиях, т. е. о наступаниях моря, захватывающих обширные пространства, знаем об эпохах оледенения, когда под покровом льда скрывались еще большие части суши. Те и другие явления в общей истории развития Земли имеют право считаться катастрофами, хотя они не происходили внезапно и не длились короткое время, а развивались очень постепенно и тянулись десятки тысяч лет.

В каждый из геологических периодов происходили как регрессии, т. е. отступания моря, так и трансгрессии его. Одни из них были ограничены одним материком, другие распространя-

лись более или менее одновременно на все материки. Как при регрессиях, так и при трансгрессиях условия жизни как на суше, так и в море должны были меняться: при регрессиях климат Земли становился суше и континентальнее, а при трансгрессиях он был влажнее, с меньшими колебаниями температуры. При трансгрессиях сильно увеличивалась неритовая область моря, т. е. область небольших глубин (до 200 метров), в которой сосредоточена наиболее разнообразная и обильная органическая жизнь: поэтому при трансгрессиях был большой простор для развития этой жизни, для возникновения новых разновидностей, видов и родов. При регрессиях эта область моря сильно сокращалась; в осушившейся ее части все оседлое морское население гибло, а в сохранившейся — для организмов, не прикрепленных ко дну, начиналась ожесточенная борьба за существование, и гибли все, кто не мог приспособиться к новым условиям.

Оледенения также резко изменяли условия жизни на Земле. Лед, захватывая большие площади, уничтожал на них все живое; изменялся климат местности, окаймлявшей ледниковый покров; он становился холодным, и лес вытеснял степь и в свою очередь сменялся тундрой; гибли или медленно кочевали на юг теплолюбивые формы животных и растений, а их место занимали формы, приспособленные к холоду и влажности. Одни формы вымирали, другие изменялись. При регрессии ледникового покрова происходило перемещение фаун и флор в обратном направлении, но уже не в прежнем составе — часть прежних форм вымирала, появлялись новые формы. Климат менялся и вне областей, охваченных оледенением. Считают, что в эпохи оледенения умеренного пояса значительно южнее образовывались пояса плювиального климата, т. е. богатого дождями.

Итак, трансгрессии и регрессии и эпохи оледенения можно с известным основанием считать катастрофическими явлениями. Но тогда могут сказать: так как вся история Земли состоит в сущности из трансгрессий и регрессий, то она вся состоит из катастроф. На это можно ответить и да и нет. Да, потому что разница между этими длительными и другими катастрофами только во времени, в продолжительности явления, что составляет признак очень условный. Нет, потому что в промежутках между трансгрессиями и регрессиями и между оледенениями условия существования оставались более или менее долгое время приблизительно одинаковыми. Во всяком случае эти длительные катастрофы не похожи на те, которые предполагал Бюффон в своей «Теории Земли», во время которых существа в конце каждой эпохи уничтожались полностью. Длительные катастрофы приводили к медленному вымиранию одних форм жизни, преобразованию других и возникновению третьих.

Гибель фаун и флор. История жизни на Земле действительно показывает, что в определенные промежутки времени известные роды, семейства, отряды и даже классы животных и растений возникали, достигали наибольшего развития и распространения и затем медленнее или быстрее вымирали или значительно сокращались.

Так, археоциаты, странные организмы, промежуточные между губками и кораллами, появились, необычайно развились и вымерли в течение одного кембрийского периода. Аммониты, головоногие моллюски со спирально свернутой раковиной, появились в палеозое, достигли громадного разнообразия видов и родов в мезозое и вымерли к началу третичного периода. Пресмыкающиеся появились в конце палеозоя, сделались в мезозое дарами природы как на суше, так и в воздухе и воде, а в третичном периоде отошли уже на задний план, уступив место млекопитающим: последние господствовали в миоцене и плиоцене, а теперь уступают первенство одному из своих родов — человеку, развившемуся в четвертичный период. Трилобиты, оригинальные ракообразные, достигшие большого разнообразия в кембрии и силуре и занявшие первое место в фауне моря, лишились его с появлением головоногих, самых опасных и диких хищников из числа морских беспозвоночных.

В каменноугольный период благодаря жаркому и влажному климату необычайно развились споровые растения — папоротники, хвощи, плауны, образовавшие обширные леса на болотах. В пермский период с его более сухим и холодным климатом многие виды и роды их исчезли, на смену им явились голосемянные, саговиковые и хвойные, оплодотворяющиеся при помощи ветра и более приспособленные к сухому климату; они господствовали в мезозое, а в третичный период их сменили покрытосемянные, более приспособленные к значительным колебаниям климата.

Таких примеров можно привести еще много. Главную роль в смене форм жизни играли изменения климата, которые были связаны с трансгрессиями и регрессиями моря, с эпохами горообразования и с ледниковыми периодами.

Но, кроме этих медленных преобразований фауны и флоры, связанных с изменениями климата, которые можно считать катастрофами только с вышеуказанными оговорками, мы находим в летописях Земли доказательства настоящих катастроф, которые в короткое время губили большое количество животных и растений. Остатки тех и других слагают целые слои земной коры и могут быть названы ископаемыми кладбищами или полями трупов.

Мы уже упоминали, что в Йеллоустонском парке (США) склоп ущелья фреки вскрывает 15 горизонтов окаменелых де-

реьев, переставляющихся с вулканическими туфами. Здесь 15 раз вырастал вековой лес, который затем погибал при извержении вулкана. Пласты каменного угля, которые во многих местах Земли перемежаются с пластами песчаников, глин, известняков, также, в сущности, являются кладбищами деревьев, существовавших более или менее долгое время в благоприятных условиях в виде леса, затем быстро уничтоженного трансгрессией озера или моря или разливом реки.

В Северной Америке и Восточной Африке известны кладбища трупов пресмыкающихся мелового возраста, в Монголии недавние экспедиции Палеонтологического института Академии наук СССР также обнаружили в разных местах скопления костей меловых ящеров и даже их гнезда с яйцами, а в других местах — скопления остатков третичных млекопитающих. В Южной Америке и Германии известны такие кладбища пермских пресмыкающихся и земноводных. У нас также имеются скопления остатков третичных млекопитающих в Бессарабии, на Таманском полуострове и в Западном Казахстане у озера Челкар-Тенгиз, в бассейне реки Тургай и у Павлодара на реке Иртыше. Недавно обнаружены такие кладбища в низах третичных конгломератов и песков в низовьях реки Чу, в хребте Кетмень, близ Ташкента, и в песках Кызыл-Кум. Здесь кости меловых ящеров, щитки черепах и стволы деревьев сильно обломаны, окатаны, перемешаны с галькой и представляют остатки громадного кладбища животных и растений конца мелового периода, существовавшего в этой местности и размытого, вероятно, сильными потоками в начале третичного периода.

Давно известно кладбище пермских и триасовых травоядных и хищных земноводных и пресмыкающихся на Северной Двине, открытое проф. Амалицким; скелеты этих животных составили целую галерею, часть которой теперь выставлена в Палеонтологическом музее Академии наук в Москве. Это кладбище тянется от реки Умги через Северную Двину почти до реки Камы, и кости подчинены пласту песчаника с галькой и песка, мощностью от 20 сантиметров до 3 метров, выше и ниже которого залегают пестрые мергели, совершенно лишенные остатков. Очевидно, во всей этой местности регрессия моря создала благоприятные условия для существования множества этих животных в виде обширных болот и разливов рек, а затем быстрая трансгрессия схоронила их остатки.

В Калифорнии близ города Лос-Анжелос находится месторождение асфальта в Ранчо ла Бреа, знаменитое по находке костей четвертичных млекопитающих и птиц. В настоящее время оно представляет большую впадину, образовавшуюся



Рис. 264 Плита костеносного пласта холмов Кариеджи-Хилл, Небраска, США.

при добыче кира (твердого асфальта); на дне впадины среди зарослей тростника и кустов стоят лужи воды, из которой тут и там большими пузырями выделяется горючий газ; вода темнобурого цвета, грязная и пахнет нефтью. Это дождевая вода, скопившаяся поверх густой вязкой нефти, жидкого асфальта, слагающего все дно впадины. Горе животному, которое, привлеченное водой, ступит на берег лужи, или штипе, которая сядет на него: они неминуемо завязнут. Это место представляет гигантскую ловушку, в которой в течение сотен и тысяч лет гибли млекопитающие и птицы, кости которых сохранились в асфальте. Они попадались уже при добыче твердого асфальта, но их выбрасывали сотнями, пока ученые не обратили внимания на то, что эти кости принадлежат ископаемым животным ледникового периода, и не начали правильных раскопок. Добыты и украшают музеи США многие тысячи черепов и костей саблезубого тигра (больше 3000), разных волков, льва, пумы, рыси, куниц, вонючки, лисиц, медведей, а из хищных птиц — орлов, грифов, коршунов, кондора, ястребов, соколов, сов. Из травоядных найдены верблюды, олени, антилопы.

бизоны, кабаны, лошади, тапиры, местодонты, слон-император, из грызунов — суслики, кролики, зайцы, мыши, а из насекомых — летучие мыши, кроты.

Образование этого колоссального кладбища можно представить себе так: травоядные, грызуны приходили на водопой или попадали случайно на берега этого предательского болота и начинали вязнуть; их предсмертные крики и торчавшие еще над водой части трупов привлекали хищных млекопитающих и птиц, которые также увязали и гибли, как только садились рядом с трупами на болото или попадали на его поверхность при драках за пищу. Интересно, что большая часть костей принадлежит молодым животным, которые очевидно, менее осторожны, чем старые. Полное смещение костей и разрозненность скелетов объясняются тем, что масса жидкого асфальта находится в движении вследствие выделяющихся из него газов и постоянно перемешивается.

Еще более колоссальное кладбище, но третичного периода, обнаружено в штате Небраска в холмах Карнеджи-Хилл и Университи-Хилл. Здесь в пласте мощностью всего 15—65 сантиметров схоронены десятки тысяч скелетов семейства носорогов — дицератерий, морopus и динохиус. На плите добытой из этого пласта, размерами 1,65 × 2 метра, часть которой изображена на рис. 264, находятся 22 черепа дицератерия и огромное количество костей его в хаотической смеси.

В первом холме по подсчету уже добыто 164 000 костей, принадлежащих 820 скелетам носорогов, среди которых громадным преобладанием пользуется дицератерий. В другом холме по соседству в двух пластах найдены в изобилии скелеты маленького антилопообразного верблюда. Все кости прекрасной сохранности и не обнаруживают следов зубов хищников или грызунов. Это показывает, что трупы не лежали долго на поверхности, а были очень быстро схоронены. Такое колоссальное скопление остатков травоядных животных немногих видов в одном месте можно объяснить только катастрофой, быстро погубившей целые стада их. Полагают, что страшная засуха заставила эти стада скопиться в поисках воды в высохшем русле реки, где все они погибли от жажды. Подобные случаи гибели рогатого скота в засуху по описанию Дарвина произошли в Аргентине в 1827 и 1830 гг. Но отсутствие следов зубов на костях заставляет предположить, что трупы были быстро схоронены отложением наносов бурного потока, последствием страшного ливня, которым закончилась засуха. Пески, содержащие костеносный пласт, имеют речное происхождение. Возможно также предположение, что животные погибли от внезапно вспыхнувшей эпизоотии.



Рис. 265. Стена ископаемого ледника в береговом обрыве Большого Ляховского острова. Кладбище мамонтов.

(Рисунок с фото Э. Толля).

Остров Большой Ляховской, самый южный из архипелага Новосибирских островов, представляет собой, в сущности, кладбище мамонтов. В четвертичных отложениях схоронены в огромном количестве бивни мамонтов, а иногда попадаются и целые трупы их и других млекопитающих, сохранившиеся из-за вечной мерзлоты почвы. В береговых обрывах, омываемых прибоем, бивни легом вытаскивают и выпадают на пляж, где их собирали ежегодно промышленники, присезжающие с материка (рис. 265). Это обилие остатков крупных животных на сравнительно небольшом острове, который не мог прокормить их, объясняется тем, что еще в начале четвертичного периода суша Сибири простиралась гораздо дальше на север, а в конце последней ледниковой эпохи была разломана и большие площади погрузились в море. Стада мамонтов, жившие на этой суше, спасались на уцелевших остатках площадей; остров Большой Ляховской был таким убежищем, на котором скопилось очень много животных. Но он был уже отделен от материка широким проливом и сделался кладбищем животных, быстро вымерших от голода. Эта была настоящая катастрофа. На других островах

такие есть кости, но в гораздо меньшем количестве. Инстинкт гнал животных на юг, в сторону материка, поэтому они скопились в наибольшем количестве на самом южном острове. На рис. 266 изображена реконструкция мамонта.

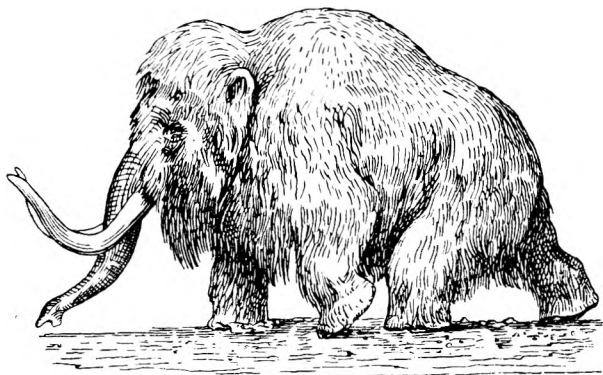


Рис. 226. Мамонт.

Всемирный потоп представляет единственную обнимающую всю Землю катастрофу, о которой рассказывает библия и которая случилась уже во время существования человека. Геология не обнаружила доказательств подобного потопа в слоях четвертичного периода, которые должны были бы содержать повсюду в одном и том же горизонте остатки погибших животных и растений. Но в сказаниях многих народов на всех материках говорится о потопе, причем миф о нем сильно варьирует в зависимости от местных условий. Так, некоторые народы Арктики думают, что потоп произошел вследствие внезапного таяния снега, а приморские народы большей частью говорят о затоплении суши волнами моря или о погружении ее в море.

Это объясняется тем, что миф основан на действительном происшествии, на катастрофе в виде наводнений, которые происходили в разное время и в разной форме и постигли большинство народов на Земле. Австрийский геолог Зюсс нашел, что библейская форма мифа очень близка к описанию потопа в большом эпосе о деяниях Издубара, обнаруженном в отрывках летописи жреца Берозуса в Вавилоне (в клинописных плитках). Изучив описание событий, Зюсс пришел к выводу, что огромное наводнение в низменности Евфрата, на котором основано библейское сказание, действительно произошло и было обусловлено сильным землетрясением в районе Персидского залива: оно вызвало сначала отступление моря, а затем огром-

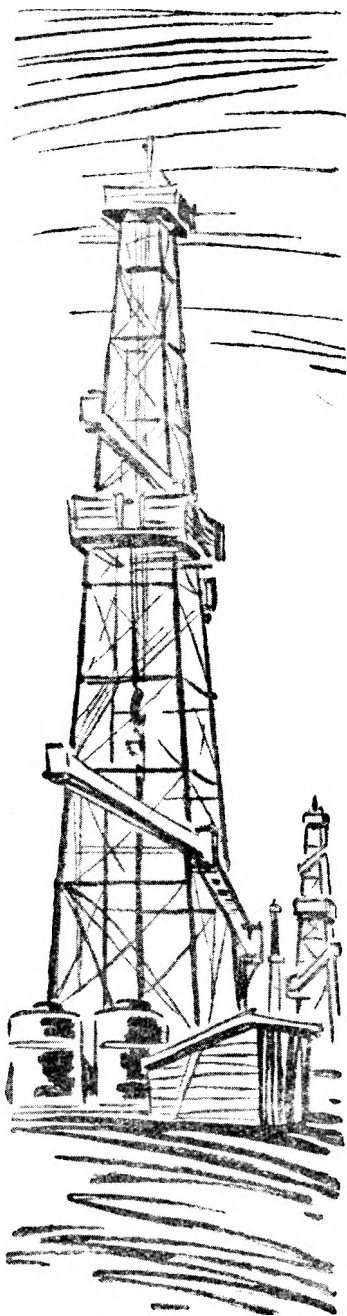
ную приливную волну, которая была усилена надвинувшимся с юга страшным циклоном и затопила всю низменность Месопотамии. Но в вавилонской летописи ничего не говорится о том, что это был всемирный потоп, она описывает чисто местное событие. Таковыми были и потопа в других странах, давшие материал для мифов, и причины их могли быть весьма разнообразные — необычайные разливы рек после дождей, внезапное таяние снегов, тайфун на берегах моря, приливная волна землетрясения или сильного вулканического извержения (подобного извержению Кракатау в 1883 году). Поэтому и мифы у разных народов приобрели различную форму; основанные на действительном происшествии, они были в той или другой степени украшены фантазией.

ХП

КАКИЕ БОГАТСТВА СОДЕРЖИТ ЗЕМЛЯ

Полезные ископаемые и их особенности. Связь полезных ископаемых с горными породами. Образование горных пород и полезных ископаемых. Месторождения эндогенные и экзогенные, первичные и вторичные. Закономерность распределения полезных ископаемых. Мозаика земной коры — геосинклинали, щиты и плиты. Распределение полезных ископаемых на территории СССР. Задачи геотимии. Значение полезных ископаемых в капиталистических и в социалистических государствах.

Земная кора содержит различные минеральные вещества, необходимые культурному человеку, которые приходится выкапывать, добывать из различных слоев земли и которые поэтому называются **полезными ископаемыми**. Даже первобытный человек начал уже пользоваться этими ископаемыми в виде осколков кремня и других твердых горных пород для лучшей защиты от хищных животных, для добычи животной пищи и для драки друг с другом, т. е. для войны в ее первоначальной форме. И чем выше человек поднимался в своем развитии, тем больше и разнообразнее становилось применение им полезных ископаемых. Современная техника совершенно невозможна без их **широкого** употребления; только грубую пищу и одежду, простые жилища вроде чумов, юрт и шалашей



можно добывать и создавать из растительных и животных продуктов без того или другого применения полезных ископаемых.

Полезные ископаемые и их особенности. Одни из этих ископаемых могут быть использованы непосредственно в том виде, в каком они добыты из земли, как, например, каменный и бурый уголь, торф, глина, песок, бутовый камень. Другие требуют простой обработки в виде очистки, обрезки, обтески, сортировки, размола, концентрации, как слюда, асбест, янтарь, фосфориты, каменная соль, соляные рассолы, россыпное золото, облицовочные и драгоценные камни. Третьи нуждаются в более или менее сложных заводских операциях для извлечения из них полезного продукта; таковы все руды, т. е. соединения металлов с кислородом, серой, мышьяком и т. д., а также нефть: последняя может применяться и в сыром виде как топливо.

Характерную особенность полезных ископаемых, отличающую их от других производительных сил природы, как животные и растения, белый уголь (энергия воды), желтый уголь (энергия солнечных лучей), голубой уголь (энергия ветра), составляет их ограниченность и невозобновляемость. Те запасы их, которые созданы природными процессами за долгие века истории Земли, являются ограниченными по размерам и в масштабах, необходимых для их практического использования, не возобновляются. Это должно побуждать человека к бережному расходованию их, а с другой стороны, побуждает, в связи с ростом населения, развитием промышленности и исчерпанием разрабатываемых месторождений, к поискам новых и изысканию способов более экономного их использования, к разработке бедных месторождений и к применению разных заменителей.

Связь полезных ископаемых с горными породами. Руководящую роль при поисках новых месторождений полезных ископаемых играет знакомство с геологическими процессами, которые в минувшие периоды жизни Земли создавали эти месторождения и создают их, конечно, и в настоящее время, но так медленно, что продукты современных процессов в громадном большинстве случаев нельзя учитывать как промышленные запасы. Изучение геологических процессов помогает нам объяснить происхождение полезных ископаемых, законы их распределения, а следовательно, помогает целесообразно и с наибольшим успехом направлять поиски новых, неизвестных до сих пор месторождений, а также правильно оценивать их запасы и практическое значение.

Месторождения полезных ископаемых состоят из скопления одного или нескольких видов минералов; следовательно, они образуются при тех же процессах, при которых вообще создаются минералы. Наиболее крупные скопления минералов представляют собой горные породы, а скопления минералов.

составляющие месторождения полезных ископаемых, являются частным случаем породообразования вообще, зависящим от каких-то особых условий, создающих концентрацию этих минералов в виде залежей достаточных размеров для выгодной разработки. Эти размеры определяются ценностью ископаемого, следовательно, могут быть очень различными — от мощных пластов или крупных штоков до тонких прожилков или даже до отдельных вкраплений. Только такие полезные ископаемые, как кирпичная глина, песок и разные строительные камни, представляют пласты или толщи самих горных пород.

Мы уже знаем, что горные породы образуются тремя способами. Одни создаются затвердеванием магмы, расплавленных масс, находящихся в недрах Земли и поднимающихся к поверхности. Это породы изверженные, которые делят еще на интрузивные, или глубинные, затвердевшие на некоторой глубине, и вулканические, или излившиеся, затвердевшие на поверхности. Другие породы создаются в виде химических или механических осадков в водных бассейнах, выделяясь из раствора или взмученного в воде состояния и поэтому называются осадочными и обломочными. Третьи первоначально представляли собой породы изверженные или осадочные, но затем были изменены тем или иным способом — давлением при горообразовании, переплавлением или сильным нагреванием, пропитыванием горячими газами или парами при опускании на большую глубину, или соприкосновением с вновь прорвавшейся магмой. Эти породы называют метаморфическими.

Месторождения полезных ископаемых как частный случай процессов горообразования представляют, следовательно, те же три главные категории. Месторождения, связанные с образованием изверженных пород, называются магматическими или эндогенными, т. е. созданными процессами глубин; образовавшиеся в водных бассейнах или на суше при процессах выветривания — месторождениями осадочными и выветривания или экзогенными, т. е. созданными процессами на поверхности.

Месторождения, образовавшиеся или преобразованные при процессах изменения горных пород, называются метаморфическими.

Но первоисточником всех минералов, слагающих земную кору, а следовательно, и месторождений полезных ископаемых, является магма. Изверженные породы содержат в том или другом количестве все химические элементы, известные на Земле, как показывают анализы их. Вещества, входящие в состав экзогенных месторождений, первоначально находились в том или другом виде в изверженных породах и освободились

из них при их выветривании и размыве, попали в водные растворы или в остатки выветривания и снова скопились в месторождениях, которые поэтому вообще являются вторичными, тогда как месторождения, связанные с изверженными породами, по своей сущности только и являются первичными. Даже самые древние осадочные породы представляют собой продукты разрушения первичной земной коры, так что и самые древние экзогенные месторождения полезных ископаемых являются вторичными. В позднейшие периоды истории Земли прорывы магмы из глубин создавали все новые первичные месторождения, а процессы выветривания и размыва создавали из них и из материала самих изверженных горных пород и древних вторичных месторождений новые вторичные. Одновременно при процессах изменения пород создавались и метаморфическое месторождения. Все три процесса происходят и в настоящее время.

Рассмотрим теперь кратко процессы образования месторождений полезных ископаемых:

Магма земных недр содержит разные химические элементы, необходимые для минералообразования. Минералы начинают выделяться из магмы в самом начале ее застывания, при кристаллизации расплава. Соединения тяжелых металлов, главным образом железа, содержащегося в магме в наибольшем количестве, образуют скопления, называемые рудными шлами. Процесс, при котором они выделяются, называется кристаллизационной дифференциацией, т. е. расчленением, распадением магмы.

В других случаях расплав еще в жидком состоянии распадается на части разного состава; некоторые части содержат много соединений тяжелых металлов, особенно с серой; эти части магмы при затвердевании также дадут рудные скопления. Этот процесс называется ликвиационной дифференциацией.

В том и другом случае мы получаем более или менее крупные скопления некоторых руд — магнитного, титанистого, хромистого железняка, разных колчеданов — в самой изверженной породе в виде месторождений сегрегационных и ликвиационных. Иногда расплав рудного вещества совместно с расплавом остальной магмы прорывается в оболочку интрузивной породы и образует месторождение среди осадочных пород, называемое инъекционным. Эти три типа составляют собственно магматические месторождения (рис. 267).

При затвердевании магмы из нее выделяются в большом количестве газы и водяной пар, как показывают нам все извержения вулканов. Эти выделения называются эманациями. Они состоят не только из газообразных веществ, как окис-

лы углерода, серы, соединения фтора, хлора с водородом, но и из соединений легких и тяжелых металлов с серой, хлором, фосфором, фтором и пр. При извержениях вулканов большая часть этих эманаций теряется, рассеиваясь в атмосфере, но часть их все-таки осаждается в трещинах и на стенках кратера,

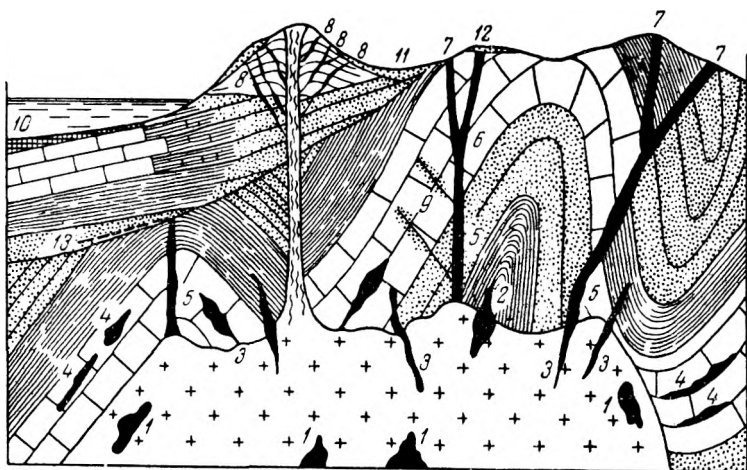


Рис. 267. Схема происхождения рудных месторождений.

1 — сегрегационные; 2 — интрузионные; 3 — пневматолитовые; 4 — контактовые; 5, 6, 7 — гидротермальные большой, средней и малой глубины; 8 — вулканические; 9 — замещения; 10 — осадочные современные на дне водного бассейна; 11 — выветривания (аллювиальная россыпь); 12 — то же (элювиальная россыпь); 13 — древняя россыпь.

образуя отложения серы, нашатыря, железного блеска, сернистого мышьяка и др. При застывании магмы на глубине в виде интрузий эманации осаждаются в окружающих горных породах, образуя более или менее значительные скопления в форме залежей, жил и прожилков различных минералов.

Среди этих эманационных месторождений различают:

1. Контактные, образующиеся в самом начале затвердевания, состоящие главным образом из соединений железа, реже — меди, еще реже — других металлов.

2. Пневматолитовые, отлагающиеся немного позже не только вне интрузивного тела, но и в поверхностных его слоях, успевших уже затвердеть. Эти месторождения состоят из окисленных руд олова, вольфрама, железа, сопровождаемых сернистыми соединениями железа, висмута, молибдена и др.

3. Еще позже, когда затвердевание распространится очень глубоко, жидкие остатки магмы, богатые кремнеземом и летучими соединениями, прорываются через трещины интрузивного

тела и его оболочки, затвердевая в них в виде пегматитов, образующих неправильные жилы и содержащих мало тяжелых металлов, но зато много соединений редких элементов, которые сосредоточивались в остатках магмы в глубине очага. Пегматиты богаты кварцем, полевыми шпатами, слюдами, апатитом, драгоценными камнями и другими редкими минералами.

Образованием пегматитов еще не заканчивается затвердевание и охлаждение интрузивного тела. В зависимости от глубины залегания и от размеров этого тела процесс затягивается на многие тысячи лет.

Из глубины тела продолжают выделяться газы и пары воды, но последние в оболочке, остывающей раньше, переходят в жидкое состояние и превращаются в растворы, содержащие соединения различных элементов, в том числе и тяжелых металлов. Эти растворы поднимаются по трещинам к земной поверхности, отлагая на своем длинном пути, по мере понижения температуры и давления, различные минералы и создавая таким способом месторождения, называемые гидротермальными, в виде жил различной мощности и содержания. Среди них различают месторождения: большой глубины, в составе которых главную роль играют руды золота, меди, отчасти железа, олова, вольфрама, молибдена, переходящие из пневматолитовых месторождений; средней глубины, богатые рудами серебра, свинца, цинка и менее богатые рудами золота, железа, меди; малой глубины, характеризующиеся рудами ртути и сурьмы с некоторым участием серебра, свинца, цинка. Спутником руд, составляющим главную массу жил, является кварц, а на меньшей глубине также барит, кальцит, доломит.

Особую группу составляют гидротермальные месторождения, образующиеся при вулканических извержениях. Хотя в этом случае много эманаций теряется в атмосфере, но магма, находящаяся на глубине и питающая вулкан, при своем затвердевании также выделяет газы и пары воды и дает начало растворам, отлагающим в теле вулкана и под ним разные минералы в виде жильных месторождений. В составе их мы находим те же металлы, что и в гидротермальных месторождениях интрузивного происхождения, но в менее правильном распределении по глубине — золото вместе с серебром и оловом, медь, свинец, цинк и пр.

Гидротермальные растворы, поднимающиеся из глубины, выходят и на земную поверхность в виде горячих и холодных минеральных источников, которые мы уже знаем в качестве ювенильной воды. В их составе имеются газы — углекислый, сероводород, имеются и соединения металлов, легких и тяжелых; главную роль играют легко растворимые соединения калия, натрия, кальция, магния — углекислые, сернокислые и

хлористые, тогда как труднее растворимые соединения тяжелых металлов большей частью уже выпали на длинном пути к земной поверхности. Но в иных случаях горячие источники выносят на поверхность столько соединений тяжелых металлов, что отлагают их тут; так, горячие источники Калифорнии выносят и отлагают киноварь — сернистую ртуть. Это содержание металлов в воде минеральных источников разъясняет нам процесс образования рудопосных жил.

Рассмотрим теперь месторождения вторичные, или экзогенные. Процессы выветривания и эрозии разрушают первичные месторождения, очутившиеся в результате горообразования и размыва у земной поверхности. Их минеральный материал распадается на две части: трудно растворимая часть остается на месте в виде остатков первичного месторождения или переносится механически силой воды, ветра, ледника на некоторое расстояние и опять отлагается. Так образуются месторождения, называемые россыпями, состоящие из очень устойчивых, трудно растворимых металлов и их соединений — самородного золота, платины, оловянного камня, вольфрамита, магнитного железняка, а также нерастворимых минералов — алмаза, граната, рубина, изумруда, монацита. Благодаря их большой устойчивости, а также большой тяжести, количество этих минералов и металлов в россыпи часто бывает больше, чем в первичном месторождении, так как более легкие и менее устойчивые растворимые соединения уносятся в большей пропорции, т. е. месторождение, превращаясь в россыпь, обогащается химическим и механическим способом.

Растворенная часть первичного месторождения переносится реками в водные бассейны — озера и моря. В них при условии значительной концентрации или же благодаря деятельности низших животных и растений из раствора выпадают соединения тяжелых металлов, образуя залежи болотных, озерных и морских железных и марганцовых руд, мелкие вкрапления медных руд в песчаниках и сланцах, а в озерах и лагунах вследствие сильного испарения воды образуются залежи самосадочных солей разного состава. Такие месторождения полезных ископаемых называются осадочными.

Но те же растворенные части первичных месторождений попадают и в грунтовую воду и осаждаются в рыхлых поверхностных наносах, причем нередко скопляются, образуя залежи, выгодные для добычи, в виде почек, гнезд, чечевиц железных и марганцовых руд, вкраплений медных руд, стяжений серного колчедана, руд кобальта и никеля. Эти месторождения называются конкреционными.

Среди экзогенных месторождений, но исключительно нематаллических, имеются также первичные, созданные

деятельностью растений и животных из материала, заимствованного из воздуха в виде углерода, входящего в состав углекислого газа. Это месторождения торфа, бурых и каменных углей и нефти, образующиеся в болотах как среди суши, так и на берегах озер и морей и в прибрежных мелководных частях моря. Жизненные процессы, обусловленные энергией солнца, создают постепенное накопление материала отмерших низших и высших растений в виде торфа и углей, водорослей и низших животных в виде нефти.

К таким же первичным экзогенным месторождениям, обусловленным деятельностью высших животных, концентрирующих фосфор из своей пищи в своих экскрементах, относятся залежи фосфоритов и гуано.

К ископаемым богатствам можно причислить также минеральные источники, причем ювенильные источники являются такими же продуктами извержений (как интрузий, так и эффузий), как и различные руды, так что могут считаться первичными месторождениями, а вадозные, заимствующие минеральный состав того или другого рода из ранее созданных осадочных пород, конечно, являются вторичными, как, например, соляные источники.

Закономерность распределения полезных ископаемых. Итак, месторождения полезных ископаемых создаются процессами, происходящими как в глубине земной коры, так и на ее поверхности, т. е. деятельностью внутренних и внешних геологических сил. Но деятельностью тех же сил обусловлены состав и строение земной поверхности, а также рельеф земного лика. Следовательно, должна существовать известная закономерность в распределении месторождений полезных ископаемых в различных частях земной поверхности. Эту закономерность интересно и необходимо выяснить, чтобы узнать, какие полезные ископаемые мы можем встретить в местности определенного состава и строения и как целесообразно направить поиски их.

Как мы знаем, земная поверхность имеет весьма разнообразный рельеф. Материки представляют собой совокупность альпийских горных цепей, плоскогорий, горных стран средней высоты, холмистых пространств и ровных низменностей самых различных размеров. Эти сочетания разных форм созданы совокупной деятельностью внутренних и внешних сил.

Движения земной коры создают горные цепи и плоскогорья, медленно выпячивают вверх или опускают вниз обширные площади. При этих движениях магма глубин, поднимаясь, внедряется в толщи земной коры и образует интрузивные тела различной величины и связанные с ними сети жил. Часто она прорывается на поверхность и создает вулканы, покровы и потоки лавы, толщи туфов.

Все эти неровности, созданные внутренними силами, расчленяются, преобразуются и, наконец, сглаживаются внешними силами — работой выветривания, текучей и стоячей воды и ледников. Неустанно идет работа этих сил, разрушающих неровности рельефа и создающих из их материала новые горные породы — различные наносы на суше, толщи песка, глины, ила, галечника, известняка в озерах и морях. Мы уже знаем, что этой деятельностью внешних и внутренних сил создаются, преобразуются, разрушаются и возникают в новой форме месторождения полезных ископаемых. Изучение состава земной коры и истории развития какой-либо страны позволяет определить какие месторождения она может содержать, где и как они распределены.

Мозаика земной коры. Горные хребты, состоящие из складок горных пород, образуются главным образом в геосинклиналях, длинных и более или менее широких впадинах, расположенных среди суши или по окраинам материков. В этих впадинах, дно которых периодически опускается, постепенно накапливаются мощные толщи осадков из материала, сносимого реками с соседней суши и прибоем с берегов. Когда впадина более или менее заполнится осадками, в ней начинается горообразование, причины которого еще не разъяснены и возбуждают споры. Но несомненно, что из подобных впадин поднимаются накопленные в них толщи осадочных пород в виде более или менее сложных складок, образующих горные цепи. Вместе с тем, так как дно впадины при своем прогибе вниз опустилось глубоко в земную кору и достигло слоев с высокой температурой, самые нижние слои впадины могли уже расплавиться, а магма при образовании складок внедрялась в толщи осадков в виде массивов разной величины, многочисленных жил и даже прорывалась на поверхность, образуя вулканы.

Изучение горных цепей показало, что образование складок обычно сопровождалось интрузией магмы. А так как магма является первоисточником всех руд, то горообразование обычно сопровождается оруденением разных типов, от магматического до гидротермального, т. е. образованием первичных рудных месторождений глубинного происхождения.

Наличие каких же полезных ископаемых мы можем предполагать в горной стране, выдвинутой из геосинклинали? Ответ будет зависеть от возраста этой страны. Если она молодая, поднявшаяся недавно, то можно предполагать присутствие гидротермальных месторождений малой глубины, а также вулканических при наличии вулканов. Остальные месторождения скрыты еще на больших глубинах и недоступны. Если горная страна немного старше, внешние силы успели уже врезаться глубже в складки, — тогда мы можем найти, кроме вышеука-

запных (которые частью могли быть уничтожены), также месторождения средней глубины. Наконец, в старой, сильно размытой горной стране близ поверхности могут находиться уже не только месторождения большой глубины, но и пневматолитовые, контактовые и магматические в разных сочетаниях в зависимости от степени размытия. Кроме этих эндогенных месторождений, в горных странах разного возраста могут быть вскрыты экзогенные месторождения — осадочные железные и медные руды, пласты угля, фосфориты, если в геосинклиналях местами создавались благоприятные условия для их образования.

История Земли показывает, что образование складчатых горных стран происходило последовательно в разных частях большинства материков, так как геосинклиналь с течением времени перемещались. Поднявшиеся горные цепи постепенно старели, размывались, понижались, превращались в горы средней высоты, затем в холмистые страны, наконец, в почти-равнины. А по соседству с той или другой стороны образовался новый прогиб земной коры, новая геосинклиналь, которая заполнялась осадками и давала начало новой горной цепи, подвергавшейся той же участи.

Так, в Европе мы видим на севере остатки древнейших архейских и протерозойских гор в виде так называемого Балтийского щита, превращенного в почти-равнину. Это древнейшая Европа, или Арх-Европа. С запада к ней примыкает горная страна, созданная складками каледонского цикла в первой половине палеозоя; она охватывает запад Скандинавии, Великобританию и север Франции и Германии. Это Палео-Европа. Южнее от Польши до Франции и Испании тянутся горные складки варисского цикла второй половины палеозоя, составляющие Мезо-Европу. Наконец, на юге, вдоль Средиземного моря, пролегают горные цепи Малой Азии, Кавказа, Балкая, Карпат, Альп, Пиренеев, Апеннин и Атласа, созданные во время альпийского цикла в мезо- и кайнозое и составляющие Нео-Европу.

Таким образом, горообразование в геосинклиналях, создавшее современный лик Европы, перемещалось с севера на юг, а вместе с ним передвигалась и магматическая деятельность, создававшая рудные месторождения, а также деятельность внешних сил, вскрывавшая все более и более глубокие слои в горных складках, постепенно уничтожавшая месторождения верхних горизонтов и создававшая из их материала вторичные месторождения.

Но горообразование не ограничивается, как мы знаем, одними геосинклиналями. Давление, развивающееся в земной коре и выдвигающее в виде складок толщи осадков, накопившиеся в геосинклиналях, наиболее подвижных поясах земной коры,

действует и на другие местности, на площади прежних геосинклиналей, уже превращенные в горные страны, более или менее размытые и сглаженные. Эти площади мало подвижны, жестки вследствие прежней складчатости и пронизавших их внедрений магмы в виде изверженных пород. Новые складки образуются в них в слабой степени, а преобладают разрывы, расколы; значительные пакки пластов передвигаются, налегают друг на друга, целые клинья земной коры выпячиваются вверх, одни больше, другие меньше, образуя горсты и грабены. По трещинам разрывов местами также поднимается магма, выжимаемая давлением из глубин, и образует новые внедрения в толщи пород, сети жил и, прорвавшись на поверхность, создает вулканы или покровы излившейся лавы. С этой магматической деятельностью также связано образование первичных месторождений полезных ископаемых, а в озерах, болотах и на поверхности этих жестких площадей образуются месторождения осадочные и выветривания.

Наиболее древние площади земной коры, испытавшие складчатое горообразование уже в докембрийские эры и с тех пор больше не подвергавшиеся интенсивной складчатости, называют древними п л а т ф о р м а м и. В платформах выделяют щ и т ы — участки, которые со времени последнего этапа складчатости характеризуются устойчивым поднятием и совсем не покрывались морем. Но более значительные площади платформ периодически погружались и поднимались и захватывались морем; на них лежит довольно мощный чехол осадочных пород, не смятый интенсивной складчатостью, с почти горизонтальными пластами. Такие участки платформ называются п л и т а м и.

Платформы слагают среднюю часть материков: в Евразии это Русская платформа с щитами Балтийским и Украинским, Сибирская платформа с щитами Анабарским и Алданским и выступами древнего фундамента на краю платформы в Енисейском кряже, Восточном Саяне и Байкальском нагорье, Сибирская платформа (в Северном Китае) с маленькими щитами и щиты Аравийский и Индостанский. В Северной Америке — Северо-Американская платформа с Канадским щитом, в Южной Америке — Южно-Американская с Бразильским щитом. Почти вся Африка представляет платформу с несколькими щитами, так же как Австралия — с большим щитом на востоке. Почти весь материк Антарктиды занимает платформа с большим древним щитом.

Глубоко размытые щиты могут содержать первичные месторождения наибольшей глубины — собственно магматические, эманационные и сравнительно редко гидротермальные большой глубины. Часто на щитах встречаются метаморфические месторождения, созданные в докембрийское время. вполне возможно

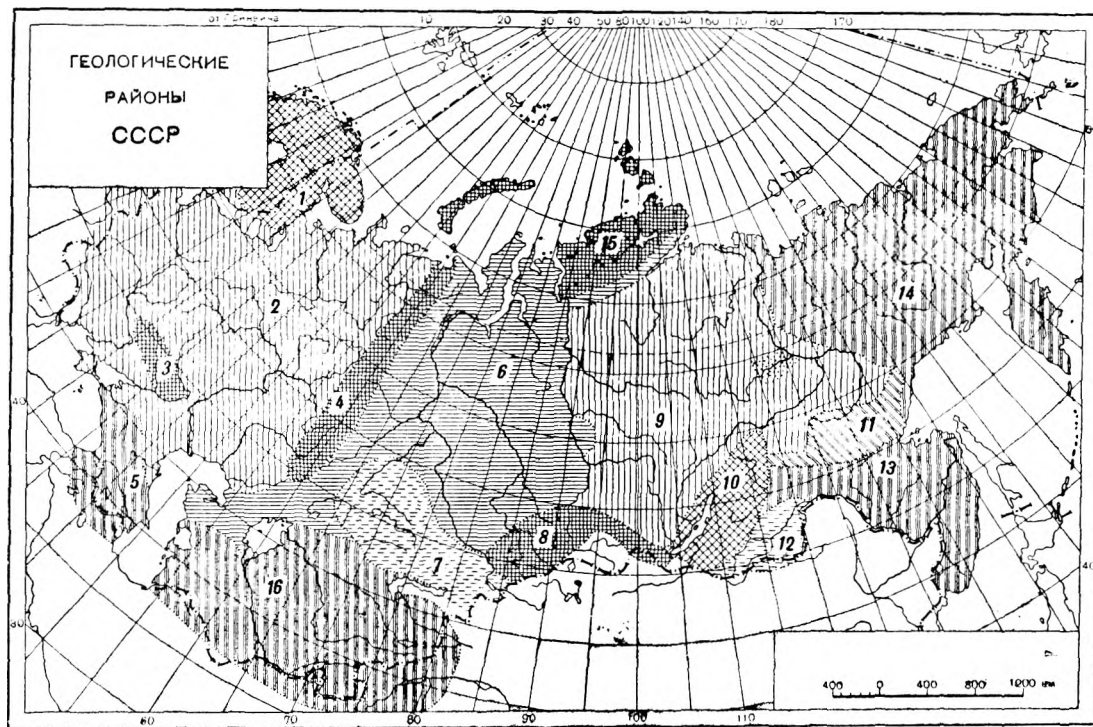


Рис. 268. Геологические районы СССР

1 — Балтийский щит; 2 — Русская платформа; 3 — Донбасс; 4 — Урал; 5 — Кавказ; 6 — Западно-Сибирская низменность; 7 — Казахский мелкосопочник; 8 — Алтае-Саянская область; 9 — Сибирская платформа; 10 — Байкальское нагорье; 11 — Алданский щит; 12 — Восточное Забайкалье; 13 — Амуро-Уссурийский край; 14 — Северо-Восточная область; 15 — Таймыр; 16 — Средняя Азия.

нахождение вторичных месторождений разного рода, созданных на поверхности щита из продуктов разрушения первичных в виде россыпей, озерных и болотных железных руд, а также пластов угля в отложениях озер разного возраста. В случае, если щит прорывался излившимися породами, последние могли принести с собой полезные ископаемые вулканического типа.

Платформы, в которых древнее основание перекрыто толщами осадочных отложений разного возраста, не подвергавшихся сильной складчатости, могут содержать вторичные месторождения, созданные из продуктов разрушения первичных, заключенных в древнем основании, но чаще осадочные месторождения угля, железных руд, фосфоритов, разных солей, нефти, образовавшиеся в морях, заливавших платформу, и в их лагунах, а также в озерах и на суше в периоды регрессии моря и осушения платформы. На участках же древнего основания, выступающих на платформах, полезные ископаемые могут быть те же самые, что и на щитах.

Таким образом, современные материк представляет собой мозаику из площадей с различной геологической историей и поэтому разного состава. Рядом с устойчивыми глубоко размытыми древними щитами мы видим менее устойчивые платформы, покрытые мало нарушенными осадочными породами разного возраста, и самые неустойчивые геосинклинали, превращенные в горные страны разного возраста, а следовательно, и разной глубины размыва, и позднейшего очень сложного преобразования. В прямой зависимости от разного состава и разной истории этих площадей мозаики находится распределение на них месторождений полезных ископаемых разного рода. Поэтому, зная геологическое строение какой-либо страны, мы можем сказать, какие полезные ископаемые могут быть найдены в разных ее частях.

Распределение полезных ископаемых на территории СССР. Советский Союз, занимающий шестую часть всей суши на Земле и протянувшийся через два материка, естественно, обнимает площади с различной геологической историей и различным строением и поэтому различным сочетанием месторождений полезных ископаемых. Проследим вкратце распределение последних на его территории (рис. 268).

В Европейской части мы увидим на севере, в Карелии и на Кольском полуострове, восточную и северную окраины древнейшего Балтийского щита; главное пространство занимает обширная Русская платформа, в южной части которой выступает Украинский докембрийский массив, который правильнее считать не щитом, а участком древнего основания плиты, вскрытым из-за поднятия и размыва, так как он перекрыт третичными и частью мезозойскими, а в западном конце, на

Волыни, палеозойскими морскими отложениями, испытавшими только слабую и местную складчатую дислокацию. Рядом с ним расположен Донецкий бассейн, палеозойская геосинклиналь, сильно складчатая, когда-то представлявшая настоящую горную страну. С востока плита окаймлена горной системой Урала, также палеозойской геосинклиналью, горные цепи которой глубоко размыты. На крайнем юге мы видим Крымско-Кавказские горы, возникшие окончательно из третичной геосинклинали с альпийскими формами рельефа.

Распределение полезных ископаемых на перечисленных площадях разного строения в общих чертах таково.

На наших окраинах Балтийского щита, глубоко размытого, мы находим только месторождения собственно магматические, пегматитовые и метаморфические; железные руды (железистые кварциты и гематиты) осадочного образования метаморфизованные, колчеданы (пирит, пирротин с медью, никелем, цинком) в виде жил большой глубины; слюды и полевошпаты в жилах пегматитов, гранаты в архейских сланцах. В массиве Хибин у города Кировска огромные месторождения апатита и разные редкие минералы приурочены к более молодой палеозойской интрузии. В болотах и озерах имеются также железные руды новейшего образования типа выветривания, а шугит Карелии представляет древний метаморфизованный пласт угля.

На Русской платформе, покрытой осадочными породами разного возраста, подвергавшимися только слабой дислокации и не прорванными интрузиями, отсутствует оруденение глубинного типа. Многочисленны месторождения: каменного угля в Подмосковном и Печорском бассейнах; железных руд — осадочных и выветривания в Кировской, Тульской, Липецкой областях, озерных — в Новгородской области; нефти в разных местах Предуралья от Камы до Нижней Волги, в Эмбенском районе у Каспийского моря и в Предкавказье в Грозном, Майкопе; каменной соли и других солей в Соликамске, Бахмуте, Липецкой Защите и др.; боксита (алюминиевые руды) в Тихвине; самосадочной соли в озерах Нижнего Заволжья и в Сиваше; фосфоритов в отложениях разного возраста. Но в докембрийском основании платформы в Курской области обнаружены крупные месторождения метаморфических железных руд под толщей осадочных пород. Такие же месторождения выступают на поверхность и в Кировожемском районе Украины в докембрийской толще; в этой же полосе докембрийских образований имеются слюда, полевые шпаты в пегматитах, залежи графита, а в перекрывающих третичных отложениях — пласты бурого угля и марганцовые осадочные руды у Никополя.

Размытая геосинклиналь Донецкого бассейна содержит многочисленные пласты каменного угля в толщах каменноугольных осадочных пород, а в перекрывающих их меловых и третичных осадках — залежи белого мела, цементных мергелей и трепела. С немногочисленными интрузиями связаны серебро-свинцовые жилы Нагольного кряжа и ртутное месторождение Никитовки.

Глубоко размытая геосинклиналь Урала, в которой происходили многочисленные и разнообразные интрузии, богата рудными месторождениями собственно магматическими, пегматитовыми, эманационными и гидротермальными большой глубины; среди них имеются коренные и россышные месторождения золота и платины, магнитные, титанистые и хромистые железняки, вольфрамовые и никелевые руды, медные и медьсодержащие колчеданы, пегматиты со слюдой и изумрудами, магнетит, асбест. Имеются также железные и алюминиевые руды осадочные и выветривания, а на склонах, где выступают более молодые толщи, — пласты каменного угля и осадочные железные и марганцовые руды.

Молодые горные цепи Кавказа, богатые разнообразными интрузиями, содержат гидротермальные месторождения разной глубины золота, меди, серебра — свинца — цинка, молибдена, вольфрама, а также контактовые месторождения железных руд. В Азербайджане известны крупные месторождения нефти в Баку; в Западной Грузии имеются осадочные месторождения каменного угля и марганца.

В Сибири мы находим на западе обширную низменность Приобья, сложенную из новейших осадочных образований, под которыми скрыты более древние слои, вероятно, дислоцированные и прорванные интрузиями, но пока еще известные только по данным буровых скважин и недоступные. В поверхностных же отложениях нет ничего, кроме торфа, песков и глин.

Южнее расположена северная часть Казахстана — Казахский мелкосопочник; его строение очень сложно. Повидимому, после докембрийских циклов здесь был древнепалеозойская геосинклиналь, превращенная каледонским циклом в складчатую горную страну, затем размытую. Новое погружение создало на том же месте верхнепалеозойскую геосинклиналь, очень широкую, но мелководную, с многочисленными островами — остатками каледонских гор. Варисский цикл превратил ее в складчатую горную страну, также подвергшуюся размыву; на ее поверхности в мезозойскую эру существовали озера, а в начале третичного периода степь затопило море. Альпийский цикл отразился на ней разломами и подвижками, недостаточными для превращения ее в складчато-глыбовую горную страну, за исключением восточной части, где выдвину-

лись горстами хребты Калбинский, Саур и Тарбагатай. Поэтому эрозия успела сильно сгладить рельеф большей части страны. Это бывшая геосинклинальная область, сильно пронизанная интрузиями, обладает богатым оруденением почти всех типов, от магматического до гидротермального средней глубины: золото рудное и россыпное, олово, вольфрам, медь, серебро-свинцовик в виде жильных месторождений, контактово-метаморфические железные руды, вкрапленные медные руды разного типа, залежи корунда, а также пласты угля каменноугольного и юрского возрастов, самосадочная соль, гинс, алюминиевые руды выветривания.

Примыкающая к степи с востока Алтае-Саянская горная страна, протягивающаяся по Южной Сибири до озера Байкал, представляет складчато-глыбовые горы, которые возникли на месте более древних складчатых гор, каледонских, а в западной части и варисских, выдвинутых из геосинклиналей. Эндогенное оруденение обильно и разнообразно: рудное и россыпное золото, вольфрам, молибден, медь, серебро-свинцовик в виде жильных месторождений, докембрийские железистые кварциты, асбест, графит, нефрит, контактовые железные и медные руды, медистые колчеданы, берилл, алюминиевые руды выветривания, кое-где третичные угли. Глубокие впадины — грабены, врезаемые в эту горную страну — Кузнецкая и Минусинская, содержат каменноугольные, пермские и юрские угли, Минусинская впадина — также самосадочную соль, а в выходах палеозойских пород — железные и медные руды.

Сибирская платформа отличается от Русской отсутствием части мезозойских и морских третичных отложений, преобладанием древнепалеозойских и обширными интрузиями и излияниями изверженной породы — сибирского траппа. С последним связаны месторождения железных руд и медистого колчедана с никелем и платиной, с морскими осадками древнего палеозоя — соляные источники, каменная соль и признаки нефти, а с пермскими и юрскими озерными — пласты угля (и графита в пермских отложениях Тунгусского бассейна) и горючих сланцев в юре Иркутского и Вилуйского бассейнов. Выступы докембрийского основания в виде Енисейского кряжа и Анабарского щита содержат рудное и россыпное золото, на Сибирской платформе обнаружены крупные месторождения алмазов.

Байкальское нагорье, обнимающее западное Забайкалье, берега озера Байкал, Патомско-Витимское нагорье, представляет собой глубоко размытую докембрийскую складчатую горную страну, прорванную древними громадными интрузиями, а в южной части — позднейшими излияниями вулканических пород по трещинам разломов, создавших горсты и грабены; в последних существовали юрские озера. Древнее



Рис. 269. Золотоносная долина речки Ныгри в Бодайбинском районе. Старый разрез и отвалы промытого золотоносного пласта.

(Фото В. А. Обручева, 1901)

оруденение его состоит из рудного и россыпного золота, контактовых и метаморфических железных руд, кое-где медных, слюды, полевого шпата в пегматитах. Юрские и третичные осадки содержат уголь. На южной окраине, где к нагорью примыкают палеозойские складчатые горы, найдено оруденение вольфрама, олова, молибдена, золота и серебра-свинца.

Алданский щит, примыкающий с востока к нагорью, представляет собой почти-равнину на месте архейских складок, перекрытую трансгрессией кембрийского моря и осадками юрских озер; щит был позже прорван молодыми интрузиями и эффузиями, принесшими оруденение золота; в архейском основании мы видим также оруденение золота и железа и месторождения слюды, корунда, пьезокварца, в юрских осадках — пласты угля.

Восточное Забайкалье имеет сложное строение. После размыва докембрийских гор оно представляло палеозойские геосинклинали, в которых создавались каледонские и варисские складки; на месте их в начале мезозоя образовалась впадина, в которую проникло море в виде длинного залива, превратившегося в конце юры в озера. Движения тихоокеанского цикла создали новые складчатые горы, сложенные из глыб докембрийских и палеозойских отложений, складок триаса и



Рис. 270. Разрез золотоносного аллювия по реке Накатами в Бодайбинском районе; внизу — прослой мелкого галечника с золотом, выше — грубые отложения ледниковой донной морены.

(Фото В. А. Обручева, 1901)

юры. Все циклы складчатости сопровождались интрузиями, последний цикл — также наземными излияниями, продолжавшимися в третичный и четвертичный периоды.

В зависимости от этой сложной истории оруденение получилось очень обильное и разнообразное. Мы видим контактовые железные руды, пегматиты и пневматолитовые жилы со слюдой, драгоценными камнями, плавиковым шпатом, оловом, вольфрамом, молибденом, а также гидротермальные жилы разных глубин с золотом, медью, серебром, свинцом, цинком, даже с сурьмой и ртутью; озерные отложения юры и мела содержат уголь; месторождения выветривания представляют собой россыпи золота, вольфрама, олова.

История Амурской области и северо-востока Сибири также очень сложна. Докембрийское складчатое основание часто перекрыто палеозойскими, мезозойскими, а на восточной окраине также третичными морскими отложениями, испытавшими все циклы складчатости, сопровождавшей-

ся интрузиями и излияниями. Поэтому мы здесь находим оруденение разного возраста и типа: докембрийское, палеозойское, мезозойское и третичное: рудное золото, докембрийские железистые кварциты и графит; третичные контактовые железные руды; мезозойские и частью третичные олово, вольфрам, молибден, медь, серебро-свинец-цинк, сурьму; в континентальных отложениях содержатся мезозойские и третичные угли, в прибрежных — нефть.

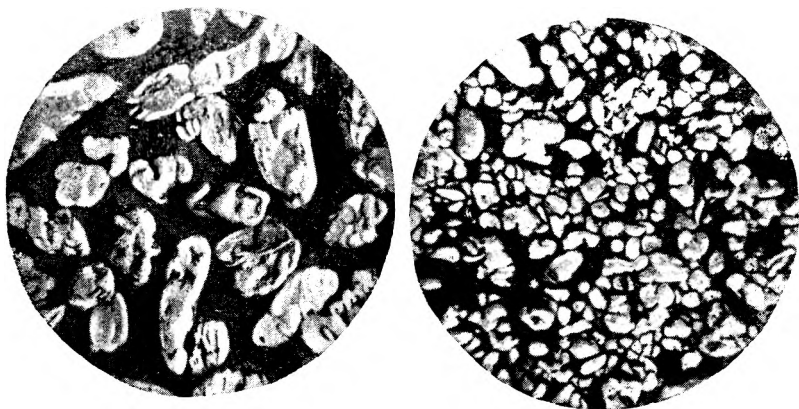


Рис. 271. Мелкое и крупное рассыпное золото с приисков бассейна реки Бодайбо в Бодайбинском районе.

Увеличено в 3 раза

Средняя Азия представляет собой две области с различной историей и различной комбинацией ископаемых богатств. К западу от реки Аму-Дарьи расположены равнины Туркмении, ограниченные с юга молодыми горами Копет-Дага, составляющими продолжение Кавказа, с севера плато Усть-Урт. Из полезных ископаемых известны нефть Небит-Дага (Нефтяной горы), нефть и озокерит на полуострове Челекен; залежи тенардита (сернокислого натрия) в долине Копет-Дага, сера в песках Кара-Кум, пласты угля, фосфориты, жилы медных руд в горах полуострова Мангышлак. В общем все богатства, кроме этих жил, осадочного происхождения.

Восточнее Аму-Дарьи тянутся горные цепи Тянь-Шаня и Памиро-Алая, созданные складчатостью каледонского и варисского циклов и подновленные в мезозойскую и кайнозойскую эры. Памир подвергался складчатости и в альпийском цикле. Разнообразные интрузии разного возраста создали месторождения глубинного генезиса, рядом с которыми имеются также осадочные и вторичные. Горные цепи содержат месторождения

золота, олова, вольфрама, меди, серебра-свинца-цинка, т. е. гидротермальные разных глубин, а также контактовые железных руд, кварцево-турмалиновые с магнетитом, вольфрамом, мышьяковым колчеданом, пегматиты со слюдой и полевым шпатом. В предгорьях известны осадочные месторождения угля и железных руд. В обширной впадине Ферганы имеются месторождения юрского угля, нефти, а вдоль пояса разлома — гидротермальные месторождения малой глубины сурьмы и ртути. Самосадочная каменная соль, сера, квасцы, фосфориты, асбест, графит дополняют разнообразие ископаемых богатств этой области, которые были открыты или получили надлежащую оценку только при исследованиях, произведенных после Великой Октябрьской социалистической революции.

Задачи геохимии. Итак, изучение геологического состава и строения какой-либо страны, выясняя историю ее развития до современного состояния, позволяет нам судить о том, какие месторождения полезных ископаемых могут быть найдены в ее пределах. Но эти сведения еще не позволяют определить, какие месторождения обязательно должны существовать в пределах изучаемой страны. Для решения этого важного вопроса, для уточнения предсказаний, необходимо более углубленное изучение минералообразующих процессов, которое составляет уже задачу молодой науки, ответившей от геологии и сочетающей методы минералогического и химического исследований с геологическими, а именно **г е о х и м и и**.

Дело в том, что процессы минералообразования, происходящие в земной коре на разных глубинах и при весьма разнообразных условиях, очень сложны и только отчасти могут быть воспроизведены и изучены в лабораториях. Магма, поднимающаяся из глубин, содержащая разные элементы и создающая первичное оруденение, от которого зависит и образование вторичных рудных месторождений, первоначально уже может иметь различный химический состав. Внедряясь в толщи горных пород земной коры при образовании интрузивного тела, она растворяет при прикосновении те или иные породы — известняки, сланцы, песчаники, мергели или более древние изверженные породы — и должна изменить свой состав, обогащаясь водой, пропитывающей породы, а также кремнеземом, глиноземом, известью, соединениями щелочей в зависимости от состава прорываемых пород. От состава магмы, а также от условий ее залегания и затвердевания на той или иной глубине зависит как процесс ее дифференциации, разделения на частичные магмы того или другого состава, так и процесс эманаций и состав последних, а следовательно, и характер оруденения. Кроме того, имеет значение и характер боковых пород, их состав, условия залегания, трещиноватость. Например, одни

породы, особенно содержащие известь, легче поддаются ору-
дению, чем другие; условия залегания, твердость, слоистость,
трещиноватость пород в одних случаях облегчают, в других
затрудняют орудование и влияют также на форму месторож-
дений.

Вот почему при общем сходстве орудения разных ти-
пов — магматического, эманационного, гидротермального — мы
наблюдаем также большие местные различия — преобладание
одних руд, редкость или отсутствие других. Например, иногда
отсутствуют собственно магматические месторождения, или от-
сутствуют пегматиты, или контактовые месторождения. Пегма-
титы особенно отражают состав магмы, давшей им начало; кис-
лые породы дают другие пегматиты, чем основные, и минерали-
зация тех и других различна. Одни изверженные массивы
обусловили бедное или однообразное орудование, другие — бо-
гатое и разнообразное.

Ввиду всех этих разнообразных условий, наблюдаемых
в природе, необходимо углубленное изучение магматических
горных пород и всей обстановки орудения данной местности,
чтобы выяснить и уточнить все условия и ближе подойти к ре-
шению вопроса, какие месторождения должны быть налицо,
принимая, конечно, во внимание и историю этой местности. Это
и составляет задачи геохимии.

*Значение ископаемых богатств в капиталистических и со-
циалистических государствах.* Наш беглый обзор показал, как-
кие разнообразные ископаемые богатства содержит территория
СССР. Она содержит все виды металлов, необходимых для про-
мышленности, а также так называемые неметаллические полез-
ные ископаемые, как угли, нефть, торф, разные соли, асбест,
графит, магнезит, алмаз и всевозможные строительные мате-
риалы. Велико не только разнообразие этих богатств, но также
и количество их, т. е. запасы, обеспечивающие промышленное
развитие на многие десятилетия.

Достаточно сказать, что СССР по запасам важнейших по-
лезных ископаемых занимает одно из первых мест в мире. По
разнообразию ископаемых и их запасам рядом с нами стоят
только Соединенные Штаты Америки и Великобритания с ее
доминионами и колониями.

Богатства всех остальных государств весьма неравномерны.
Например, Германия имеет много угля и соли, но мало желез-
ных, медных и других руд и почти не имеет нефти. В Японии
и Италии мало нефти, угля, железных руд. Испания богата
железными, медными и ртутными рудами, но бедна углем и
нефтью. Швейцария — сплошная горная страна — очень бедна
полезными ископаемыми, за исключением строительных мате-
риалов.

Недостаток важнейших руд и горючего является одной из причин завоевательных войн и стремления захватывать на других материках колонии. Испания завоевала Мексику и Южную Америку ради богатых месторождений серебра, Англия покорила республику Трансвааль ради месторождений золота. Среди причин современных войн между империалистическими государствами немалую роль играет борьба за полезные ископаемые — руду, уголь, и нефть. Во время второй мировой войны Германия и Япония стремились в первую очередь завоевать те страны, которые снабжали их минеральным сырьем, отсутствующим или недостаточным на их территориях.

В капиталистических государствах полезные ископаемые являются источником обогащения в первую очередь отдельных людей, имеющих средства для организации их добычи. Хотя недра теоретически считаются государственным достоянием, но право на добычу полезных ископаемых имеет прежде всего собственник площади, на которой они находятся, и без его согласия никто не может начать разработку.

Полезные ископаемые, открываемые на государственной земле, также попадают в руки отдельных капиталистов или акционерных обществ, заинтересованных в извлечении наибольшей прибыли для себя, и не заботящихся о пользе государства. Они регулируют рыночные цены, сокращают или прекращают добычу, если цены падают, эксплуатируют своих рабочих. Разработка часто ведется хищнически, т. е. извлекают только богатые части месторождения, а более бедные оставляют, и, таким образом, значительные народные ценности гибнут. Изучение месторождения, необходимое для прогресса науки, зависит от владельца, который может и не разрешить опубликование результатов под предлогом, что это принесет ущерб его интересам, например, если работа ведется неправильно, или если месторождение близко к источнику, или если оно переходит также на соседнюю землю другого владельца, который может создать конкуренцию.

Совершенно иное значение полезные ископаемые имеют в социалистическом государстве — у нас, в Советском Союзе. Поверхность земли отводится в пользование колхозам, совхозам, городам и селениям, но недрами распоряжается государство на пользу всего народа. Поиски полезных ископаемых не стеснены никакими границами частных владений, разведки и разработку ведет государство и регулирует добычу в зависимости от требований промышленности. Государство может даже добывать известные ископаемые по ценам, превышающим мировые рыночные, чтобы не покупать их за границей, т. е. не затрачивать на них свой золотой фонд.

Рабочие получают полную оплату труда, а применение ими

прогрессивных методов работы позволяет еще значительно увеличивать заработок без ущерба, но с выгодой для государства. Эксплуатация месторождений развивается в каждой местности по определенному государственному плану, а не хаотически, как у капиталистов, и взаимное соревнование имеет в виду наилучшую постановку дела, а не победу над конкурентом. Открытие новых ископаемых богатств, углубленное изучение известных месторождений не зависят от инициативы и интересов отдельных собственников, а производятся планомерно и идут на пользу всего государства, увеличивая его производительные силы и делая его все более независимым от соседей, что особенно сказалось во время Великой Отечественной войны.

Таким образом, и в отношении добычи полезных ископаемых преимущества социалистического строя сравнительно с капиталистическим столь же очевидны и бесспорны, как и в отношении других сторон существования человеческого общества.



ХІІ

МОЛОДОЙ СЛЕДОПЫТ

Чему учат следы на снегу, на песке, на грязи, на камне. Ископаемые следы: дождевые капли, знаки ряби, кротовины, ямки моллюсков. Архив рукописей и архив Земли. Примеры изучения следов. Изучение обнажений, рельефа и полезных ископаемых. Окаменелости, их сбор и хранение. Снаряжение следопыта. Важнейшая литература.

Если вы катаетесь на лыжах и бываете за городом, конечно, не там, где десятки и сотни лыжников избороздили снег по всем направлениям своими следами, а подальше, где поверхность недавно выпавшего снега не тронута, обратите внимание на следы животных и попытайтесь объяснить, кто их оставил. Научитесь различать следы, оставленные зайцем, лисницей, собакой, волком, вороной, воробьями или другими мелкими птицами.

Следы птиц легко отличить по форме и по тому, что они кончаются внезапно и возле отпечатков лапок можно видеть полосы, оставленные крыльями при взлете.

Интересно наблюдать следы и на поверхности сыпучих песков в стороне от колодцев, где они не затоптаны скотом, идущим на водопой. Там можно заметить следы зайца, лисицы, суслика, ящериц, разных птиц и даже жуков и змей.



Рис. 272. Следы медведя на глинистой почве склона горы. Камчатка.

Если провести несколько часов, притаившись в кустах, чтобы проверить свои догадки, можно увидеть и кой-кого из тех, кто оставляет эти следы.

На влажном песке, на илие плоских берегов озер и морей, на вязкой глине тапыра, освободившегося от воды, также можно наблюдать следы разных животных, которые будут долговечнее, чем следы на снегу или песке. Последние уничтожит следующий снегопад или ветер, а следы на глине высохнут вместе с глиной и сохранятся до следующего затопления, которое не уничтожит их, но покроет новым слоем глины, т. е. сделает ископаемыми (рис. 272).

Через много лет, когда море отступит или современные прибрежные отложения будут подняты выше, процессы выветривания или размыва уничтожат глину, закрывшую следы, их заметит и опишет какой-нибудь исследователь.

Такие *ископаемые следы* уже попадались ученым разных стран и описаны ими. Это следы крупных и мелких пресмыкающихся, бродивших по влажному берегу озера или моря (рис. 273), мягкая почва которого глубоко вдавливалась под их тяжестью, следы ползания червей и ракообразных по мокрому илу побережья. Они были перекрыты свежим осадком при затоплении и сохранились.

И вот мы случайно узнали, что бывают не только ископаемые животные и растения, но даже уцелевшие ископаемые следы, эфемерные, т. е. легко исчезающие: отпечатки ног бежавшего или тела ползавшего животного. Теперь мы не станем

удивиться, что сохраняются в ископаемом виде даже отпечатки отдельных капель дождя, падавших на высохший берег озера или моря, представляющие круглые плоские впадины разного диаметра, окруженные чуть заметным валиком, которые капля выбивала на поверхности пла или глины (рис. 274).

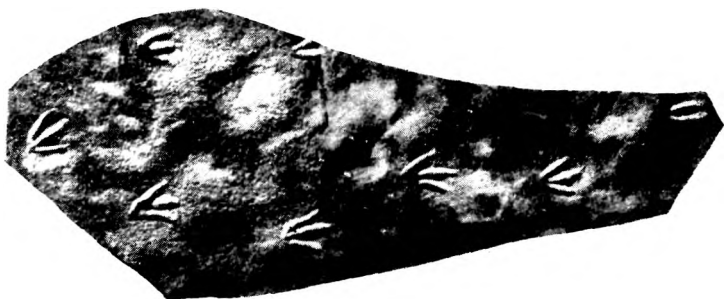


Рис. 273. Следы трехпалого пресмыкающегося, прошедшего с пляжа в мелкую воду, найденные на плите песчаника в пластах Лили-Понд, Массачусетс, США.

Сохраняются следы волнового движения воды в виде так называемой волновой ряби и ряби течений, т. е. тех неровностей, которые создает на поверхности песчаного или глинистого дна легкое волнение воды озера или моря или течение реки (рис. 275). Эти следы состоят из плоских пребешков, отделенных друг от друга желобками, плоскими впадинами и похожих на

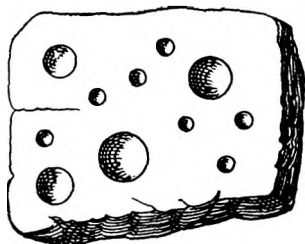


Рис. 274. Отпечатки дождевых капель на плитке камня.

ту рябь, которую ветер создает на поверхности песка, как мы уже знаем (см. гл. V). Их часто неправильно называют волноприбойными знаками, т. е. связывают с гребешками, образующимися на берегу; последние встречаются гораздо реже и имеют другие очертания (рис. 276). Тщательно изучая их строение, форму гребешков и крупность зерен на гребешках и в желобках, можно определить, создана ли эта рябь ветром на суше, течением или волнами под водой, и определить направление течения, волн и ветра.

В обрыве берега реки или на склоне оврага, в стенке ямы, в которой добывают песок или кирпичную глину, можно увидеть под слоем темной плодотворной земли или чернозема.

в желтой подпочве серые и черные круглые или неправильные пятна разной величины. Это ископаемые кротовины или норы животных, заполнившиеся материалом сверху; в них попадают кости этих животных или остатки их пищи. На глыбах некоторых горных пород, особенно известняков, на берегу

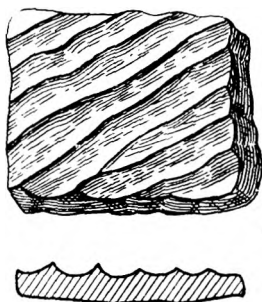


Рис. 275. Волновая рябь на плитке камня; внизу — разрез плитки поперек гребешков.

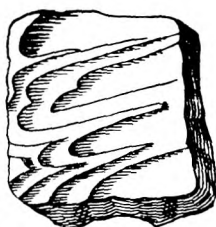


Рис. 276. Волноприбойные знаки на плитке камня.

моря, выше его современного уровня, нередко попадаются в большом количестве какие-то странные глубокие ямки. Это отверстия, высверленные двустворчатыми моллюсками, которые сидели в этих ямках в то время, когда уровень воды был выше и покрывал их. В ямках даже попадаются самые створки. Они доказывают, что берег поднялся или что море отступило, что дно его опустилось.

Все эти следы представляют собой документы, по которым можно судить о далеком прошлом нашей Земли. Они подобны тем рукописям, которые хранятся в архивах и по которым историк судит о минувших событиях жизни данного государства. Историк изучает не только содержание рукописи, но также шрифт, изображение отдельных букв, которое менялось со временем; он изучает цвет и качество бумаги, цвет чернил или туши, которыми рукопись написана. Более древние документы писались не на бумаге, а на пергаменте, изготовленном из кожи, на папирусе, изготовленном из растения лотос.

Еще более древние документы писались не чернилами или тушью, а вырезались на деревянных дощечках или выдавливались на глиняных табличках, которые потом обжигались. А еще более древние, тех времен, когда человек не изобрел еще знаков для изображения слов своей речи, но уже научился рисовать животных, на которых охотился или с которыми

боролся за свою жизнь, представляют рисунки, сделанные красной или черной краской на стенах пещер, на гладкой поверхности утесов или выдолбленные на них резцом (рис. 277). Все эти документы необходимы историку, археологу и антропологу для выяснения истории человека.

А рисунки древнего человека интересны и для геолога, так как дают понятие о животных, которые существовали одновременно с ним. Так, изображение мамонта (рис. 277) при всей его

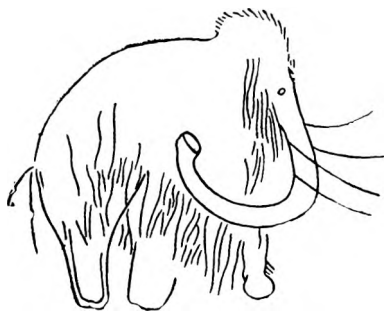


Рис. 277. Рисунок мамонта, сделанный первобытным человеком.

грубости все-таки передает правильно и общую форму тела, и положение бивней, в особенности же волосатость, что говорит о жизни его в холодном климате. В этом отношении показательное сравнение древнего рисунка с реконструкцией мамонта, сделанной современными учеными на основании находок целых трупов этого животного в вечно мерзлой почве на севере Сибири (см. рис. 266).

Историю Земли также изучают по документам, по тем следам, которые мы указали, и по еще более многочисленным, которые оставляют все геологические процессы, выполняя свою работу по созданию и преобразованию лика Земли.

Совокупность этих следов представляет огромный геологический архив, который геолог должен научиться разбирать и толковать, как историк разбирает и толкует рукописи государственного архива.

Геолог идет шаг за шагом по этим следам, внимательно изучая их, сравнивая друг с другом, комбинируя свои наблюдения, чтобы в результате прийти к определенным выводам. Геолог в сущности — это следопыт.

Изучение обнажений, рельефа и полезных ископаемых. В предыдущих главах мы описали разные геологические процессы и их результаты, т. е. следы, которые они оставили после себя. Приведем несколько примеров для пояснения, как нужно толковать эти документы архива Земли.

Мы изучаем горную долину, врезанную в складчатые толщи осадочных пород — известняков, песчаников, сланцев, и находим в русле речки, а также на склонах долины валуны гранита — породы, которая нигде в пределах этой долины не залегает. Откуда появились они? Мы скажем: это, пожалуй, эрратические валуны, принесенные ледником, который когда-то

переваливал в эту долину из соседней. Изучая внимательно форму долины, мы заметим, что в поперечном разрезе она не треугольная или трапециoidalная, а корытообразная, какая бывает у долин, по которым двигался ледник (см. рисунки в гл. VI). А на дне долины мы наткнемся на неясный поперечный вал или группу холмов с замкнутыми впадинами между ними; в обнажении мы обнаружим, что вал или холмы сложены из валунов разной величины, связанных глиной, и что некоторые отполированы и покрыты шрамами. Ясно, что это старая конечная морена. Эпиратические валуны, форма долины, конечная морена доказывают нам, что и изучаемая долина когда-то была занята ледником, который оставил эти документы. Комбинируя свои наблюдения в разных частях долины, мы придем к выводу, выясняющему целую страницу в истории этой местности, страницу, говорящую о прежнем ее оледенении.

В береговом обрыве мы увидели большую толщу из пластов рыхлого песчаника, почти песка, в которых наслоение, т. е. расположение отдельных тонких слоев, не параллельно верхней и нижней поверхностям, ограничивающим каждый пласт, а идет наискось то вправо, то влево и наклонено под разными углами. Такое наслоение называется косым или диагональным (рис. 278) и характерно для отложений в среде, в которой направление течения часто меняется, например в русле реки, у плоского берега моря или озера и в сыпучих песках на суше.

По целому ряду мелких признаков геолог может решить, в какой среде — на суше в виде дюн или барханов, в реке или в стоячей воде — отлагалась эта большая толща песка.

На склоне оврага или на берегу реки мы нашли обрыв, в котором внизу залегают слои осадочных пород (например, сланцев), круто наклоненные вправо (рис. 280). В средней части они словно срезаны, и на них лежит пласт конгломерата, полого наклоненный в ту же сторону; исследуем гальку конгломерата и отметим, что часть ее представляет тот же сланец, который залегают внизу, а часть — другие породы. Вверх по пласту количество гальки убывает, и конгломерат переходит в песчаник. В последнем мы нашли отпечатки растений юрского периода, а в сланцах — раковины нижнеюрских аммонитов.

Это обнажение рассказало нам очень много: в эпоху нижней юры (лейаса) в данной местности было открытое море, судя по сланцам, представлявшим когда-то тонкий ил, отлагающийся далеко от берегов, и по аммонитам, плавающим в открытом море.

Затем произошли сильные дислокации; сланцы сложены в складки, составлявшие часть какой-то горной страны, которая потом была глубоко размыта, и на головах сланцев еще в юрскую эпоху отложился конгломерат.



Рис. 278. Косая слоистость в песчаниках девона. Хребет Саланр, Западная Сибирь.



Рис. 279. Трансгрессия нижнетретичных отложений (белые холмы сзади) на сильно нарушенных каменноугольных пластах (серые утесы впереди). Тузды-Джеланчик, Тургайская впадина, Казахстан.

(Фото Н. С. Зайцева)

Но дальнейшая история остается неясной: в песчанике нашлись только отпечатки растений, и нельзя сказать, была ли здесь трансгрессия моря, наступавшего на горную страну, или конгломерат отложен рекой, промывшей долину в горах или на берегу озера, а также неясно, когда это случилось, так как растения позволили только определить юрский возраст вообще. Таким образом, документы в этом обнажении оказались неполными, и для выяснения ряда вопросов нужно искать еще другие обнажения в этой местности. Подобные пробелы в документах Земли встречаются часто, и они пополняются только мало-помалу при детальных исследованиях страны трудом многих наблюдателей.

Цвет осадочных горных пород и крупность их зерна, а не только состав, представляют важные признаки для заключений следопыта. Красный цвет указывает на то, что суша, с которой сносился материал песчаников, мергелей и глин, обладала жарким, но достаточно влажным климатом, при котором образуется маловодная красная окись железа, тогда как в умеренном и влажном климате эта окись желтая и многоводная. Зеленый цвет зависит чаще всего от соединений закиси железа

и указывает, что на дне бассейна, на котором происходило отложение зеленых осадочных пород, в воде было мало кислорода для окисления закиси или были условия, способствовавшие раскислению окиси с превращением красного или желтого цвета в зеленый. Очень тонкое зерно осадочных пород, которое имеют

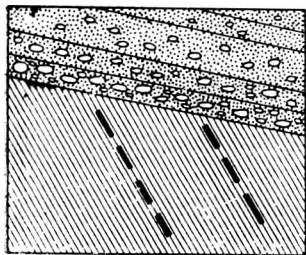


Рис. 280. Конгломерат, трансгрессирующий на головах более древних сланцев.

сланцы, чистые глины, доказывает, что они отлагались в море далеко от берега из тончайшей мути или на суше в бассейнах, куда попадала только такая муть. Часто пласты чистой глины перемежаются с пластами песчаной глины или глинистого песчанника; это доказывает, что условия приноса материала периодически менялись. Например, в ледниковых глинах перемежаются очень тонкие слои чисто глинистые и песчано-глинистые; первые отлагались в зимнее время, когда таяние ледника сокращалось и ослабевшие подледниковые воды приносили только самую тонкую

муть, тогда как летом более обильные воды приносили также мелкий песок. Эти глины называются ленточными, и по числу их слоев ученым удалось определить, сколько тысяч лет продолжалось отступление ледникового покрова в Скандинавии, как это указано в гл. VI.

Таким образом, первой задачей геолога-следопыта является изучение обнажений — естественных выходов горных пород, повсюду, где они имеются в исследуемой местности. Он должен определить, какие горные породы слагают обнажение, в каком порядке они лежат друг на друге, какой их состав и цвет, лежат ли они горизонтально или дислоцированы, согласно или несогласно. Он должен определить простираание и падение слоев, если они нарушены, а также трещины, если последние образуют правильные системы, пересекая все слои.

Если обнажение состоит из изверженной породы, задачи следопыта несколько меняются. Интрузивная порода представит или однообразную массу, в которой придется измерять трещины и расположение кристаллов, по которым можно определить направление течения магмы; или же в ней можно будет заметить включения каких-то других пород, захваченных при вторжении, или так называемые шпилеры — скопления одного из минералов, входящих в состав породы (темных, например черной слюды, реже светлых — полевого шпата, кварца).

В вулканических породах может быть обнаружена слоистость — перемежаемость потоков лавы разного состава и строе-

ния или перемежаемость лавы и туфа. Тогда нужно определить их залегание.

Присутствие в одном обнажении изверженной и осадочной пород усложняет задачи следопыта. Мы нашли, например, что гранит соприкасается с толщей осадочной породы, состоящей

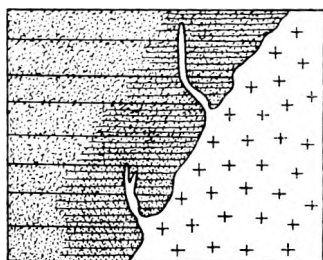


Рис. 281. Контакт молодого гранита и более древнего песчаника.

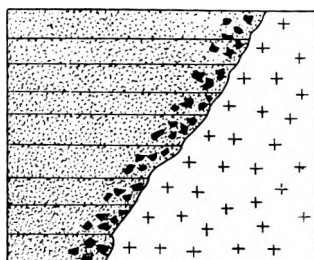


Рис. 282. Контакт древнего гранита и более молодого песчаника. Слева — песчаник; справа — гранит.

из песчаника (рис. 281). Тщательное изучение границы между ними, так называемого контакта, покажет, что песчаник вблизи гранита не нормальный, а измененный, метаморфизованный, и что кое-где от гранита отделяются тонкие прожилки, врезающиеся в пласты песчаника. Этого будет достаточно, чтобы сказать, что гранит моложе песчаника, а окаменелости в последнем помогут определить и возраст гранита; например, если они верхнедевонские, то гранит будет моложе девона.

В другом обнажении той же местности мы найдем тот же гранит, соприкасающийся с толщей песчаника, на первый взгляд такого же, как и в предыдущем случае (рис. 282); но изучение контакта покажет, что прожилков гранита в песчанике нет и что песчаник не изменен, а вблизи контакта содержит мелкие обломки и отдельные зерна гранита. Это доказывает, что гранит древнее: он уже не только затвердел, но даже вследствие размыва выходил на поверхность земли, и на его размытом откосе отлагался песчаник (рис. 283).

Если в последнем найдутся окаменелости, например, нижнепермского возраста, мы сделаем вывод, что гранит древнее перми, а по совокупности обоих обнажений установим, что интрузия гранита произошла в течение каменноугольного периода и скорее в начале, чем в конце, так как для размыва интрузии необходимо отвести достаточное время.

Изучение рельефа. Второй задачей следопыта-геолога, выполняемой параллельно с первой, является изучение рельефа местности, отношение которого к составу и строению земной

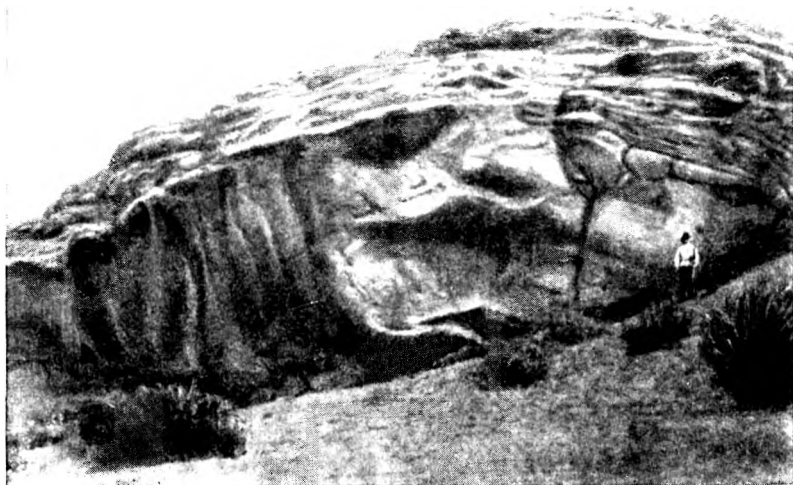


Рис. 283. Залегание юрского песчаника на более древнем граните. Урочище Кон-Тал у северного подножья хребта Джаир, Джунгария.

(Фото В. А. Обручева, 1906)

коры необходимо знать для выяснения истории развития этой местности. Нужно определить, представляет ли она часть горной страны, плоскогорья или равнины, или сочетание этих форм, имеет ли горная страна резкие, так называемые альпийские формы или более округленные, сглаженные, называемые горами средней высоты, или же широкие увалы, или цепи и группы холмов. Формы возвышенностей, характер склонов речных долин, ширина их, присутствие или отсутствие речных террас, особенности русла и течения рек и пр. позволят определить, в какой стадии цикла эрозии находится изучаемая местность. Возраст, состав и условия залегания горных пород, выступающих в обнажениях, в совокупности с рельефом помогут выяснить более или менее подробно, в зависимости от плохой или хорошей обнаженности, от степени детальности исследования, а также от опытности и усердия следопыта, историю развития.

Возьмем для примера почти-равнину, стадию дряхлости цикла эрозии. На ней кое-где поднимаются плоские холмы, так называемые остаточные горы или останцы; местами встретится грядка твердых камней, кое-где среди травы торчит сглаженный выход гранита или вся почва между травой усеяна его дресвой; в овражке обнажено несколько разрушенных пластов известняка, песчаника или сланца. Следопыт-геолог изучит все

эти, на первый взгляд маловажные, документы, обмерит, как лежат пласты, куда тянутся, в какую сторону наклонены, определит состав всех выходов, найдет в них окаменелости, определит возраст пластов и последовательность минувших событий, нанесет свои наблюдения на карту местности и расскажет своему неученому спутнику (который помогает ему в работе) всю историю этой страны: какие горы стояли когда-то на месте этой равнины, из каких пород они состояли, куда тянулись горные складки, были ли на них вулканы или же в глубине изверженные массивы, когда образовались эти горы и когда они были уничтожены. Следопыт-геолог, изучая следы — документы прежних событий, разгадывает историю местности, по которой его спутник ходил многие годы и не знал, что он топчет последние остатки альпийских гор, проходит незаметно через прежние высокие хребты и спокойно сидит на траве на том месте, где когда-то клочкотала расплавленная лава вулкана.

Третью задачу следопыта-геолога, выполняемую одновременно с двумя первыми, составляет нахождение и изучение полезных ископаемых всякого рода, которые могут встретиться среди горных пород исследуемой местности. Он должен определить их качество, условия залегания и в зависимости от этих данных выяснить, заслуживает ли найденное месторождение постановки предварительной разведки, без которой во многих случаях нельзя решить, имеется ли достаточное количество обнаруженного в отдельных выходах полезного ископаемого, т. е. имеет ли это практическое значение. При хорошей обнаженности удастся решить вопрос о вероятном количестве полезного ископаемого в общих чертах по наблюдениям на месте и после изучения и анализа взятых проб ископаемого в лаборатории; анализ определит процентное содержание руды или другого минерала в жиле, залежи или в горной породе. При недостаточной обнаженности необходима разведка — углубление шурфов, проведение более или менее глубоких канав на склонах или на равнине, бурение скважин. Это и составляет задачу предварительной разведки, в которой в последние годы, благодаря изобретению точных инструментов, начали применять и методы геофизические, основанные на определении магнетизма, электропроводности, силы тяжести и распространения сейсмических волн, вызываемых взрывами, в разных горных породах и полезных ископаемых.

При поисках полезных ископаемых следует обращать внимание на остатки древних выработок руд — воронкообразные ямы, щелеобразные выемки, заваленные шахты и штольни, скопления древних шлаков и литейных форм и т. д.; вблизи таких старых рудников можно обнаружить месторождения, из которых добывалась руда в доисторические времена.

Окаменелости, их сбор и хранение. Мы уже знаем, что остатки прежде существовавших животных и растений, погребенные в пластах осадочных горных пород, имеют большое значение для определения относительного возраста толщ, их содержащих. Они указывают не только возраст, но также ту среду, в которой данные организмы существовали. Так, остатки водорослей указывают, что породы отлагались в воде, остатки наземных растений — на отложения в озерах, болотах или же в море, но вблизи берега (если пласты, содержащие их, перемежаются с пластами, содержащими морские организмы).

Кости сухопутных млекопитающих попадают в отложениях на суше или в озерах. Раковины с толстыми створками живут в мелком море, где волнение распространяется до дна, а раковины с тонкими створками — на большой глубине. Ископаемые кораллы указывают на теплоту морской воды, а некоторые моллюски — на ее низкую температуру. Зубы акул попадают только в морских осадках, а панцири палеозойских рыб — в отложениях устьев рек, лагун и мелкого моря. Отпечатки насекомых известны исключительно из континентальных отложений.

Морские отложения, особенно менее глубоководные, богаче окаменелостями, чем континентальные, и фауна их наиболее разнообразна; губки, кораллы, морские лилии, звезды, ежи, разные моллюски, плеченогие, ракообразные встречаются в них в изобилии. В самых глубоководных отложениях можно найти только низшие формы — разных фораминифер, радиолярий и диатомей.

В континентальных отложениях чаще встречаются остатки растений, чем остатки животных; но местами последние обильны, и кости позвоночных слагают целые слои, например, в пермских отложениях на Северной Двине, в триасе Кировской области, в меловых и третичных отложениях Северной Америки, Монголии, Казахстана.

Из осадочных пород наиболее часто содержат окаменелости мергели, битуминозные и глинистые известняки, известковые и глауконитовые пески, но нередко также песчаники и глинистые сланцы. Кварциты и кварцевые песчаники обыкновенно очень бедны органическими остатками; в конгломератах могут находиться только крупные и твердые остатки, выдержавшие трение и удары галек и валунов в полосе прибоя или в русле потока, например кости и зубы позвоночных, толстые створки раковин, стволы растений. Органические остатки, особенно животных, часто являются причиной образования конкреций, т. е. стяжений, богатых известью и совершенно окутывающих окаменелость, которая обнаруживается при разбивании конкреций. В последних попадают аммониты и другие моллю-

ски, рыбы, кости позвоночных, даже целые скелеты их. вокруг которых постепенно нарастало стяжение. Поэтому конкреции в пластах осадочных пород необходимо разбивать, чтобы обнаружить, нет ли в них окаменелостей. В интрузивных породах органических остатков, конечно, нет, в вулканических они чрезвычайно редки, но в туфах, особенно тонкозернистых и яспослонистых, иногда встречаются очень хорошие отпечатки, главным образом растений.

Окаменелости попадают в горных породах или порознь, единичными экземплярами, или же отдельные пласты богаты ими или даже сплошь состоят из них. Такие пласты образуются, например, из кораллов, водорослей, плеченогих, моллюсков костей и их обломков; кораллы слагают целые ископаемые рифы, водоросли — толстые пласты, ракушки — раковинные банки. Растения чаще всего образуют отпечатки в тонком слое породы, который может быть богат ими по всей своей поверхности. Пласты и пропластки угля целиком состоят из растительного материала, но он превращен в сплошную массу, и отдельные формы (листья, стебли) редко различимы; зато в почве или кровле пласта угля часто попадаются хорошие отпечатки.

Остатки беспозвоночных представляют твердые части их тела — раковины моллюсков и плеченогих, стебли и руки морских лилий, панцири и иглы ежей, скорлупки фораминифер и панцири ракообразных; первоначальный материал замещен углекислой известью, реже кремнеземом, иногда серным колчеданом, причем заполняется породой и место, занимавшееся мягкими частями тела.

От млекопитающих сохраняются их кости порознь или в виде целых скелетов, сохраняются также щитки панцирей рыб, пресмыкающихся, земноводных, зубы, иглы их, рога и зубы млекопитающих. Только в исключительных случаях, в вечно мерзлой почве Сибири и в асфальте, сохраняются мягкие части тела, внутренности, кожа.

Такие находки имеют особенно большое научное значение. Они позволили воссоздать с полной точностью облик волосатого носорога и мамонта, тогда как многочисленные реконструкции других вышедших животных, сделанные разными учеными, не так надежны; они выполнены на основании скелетов, часто очень неполных, и без данных о характере и цвете кожного покрова.

Остатки животных легче всего удается обнаружить на выветреной поверхности горных пород в обнажениях и в осыпях у их подножия, так как они имеют другой состав, а иногда и большую твердость, чем содержащие их породы, и поэтому несколько выдаются при выветривании и освобождаются при разрушении породы. Поэтому следопыт-геолог прежде всего

внимательно осматривает мелкие продукты выветривания в осыпях, поверхность глыб, лежащих у подножия, и поверхность самого обнажения. Если порода содержит фауну, последняя почти всегда будет обнаружена при таком осмотре. Только окаменелости, собранные в осыпях и отдельных глыбах, не следует смешивать с добытыми в самом обнажении, так как они могли вывалиться из разных горизонтов последнего. Каждое обнажение при геологических исследованиях получает отдельный номер в описании и на карте, а пласты разных пород, слагающие его, обозначаются отдельными буквами при том же номере. Поэтому фауна, добытая в самом обнажении, будет иметь номер с буквой, соответствующей пласту, из которого она взята, а фауна, собранная в осыпи, — только один номер.

Галька в русле ручья или речки нередко представляет окаменные окаменелости и служит указанием для поисков выхода соответствующей породы вверх по течению.

Обнаружив в обнажении органические остатки, их добывают при помощи молотка и зубила, стараясь выворотить крупный кусок, содержащий остатки, чтобы потом осторожно раскалывать его по слоям или оббивать по углам, если порода не слопста. Бить молотком по самой окаменелости, конечно, нельзя. Кусок, богатый остатками, лучше унести целиком, чтобы на досуге тщательно обработать его дома. В мягких породах ископаемые осторожно выпимают при помощи зубила вместе с окружающей породой. При сборе нельзя смешивать друг с другом окаменелости, взятые из разных слоев одного обнажения, а тем более собранные в разных обнажениях. Нельзя полагаться на память; каждый образчик должен получить немедленно свой номер с буквой, написанной химическим карандашом на нем или на ярлычке, и должен быть завернут в бумагу.

Растительные отпечатки на плоскости напластования сланцев или песчаников большей частью состоят из тонкой пленки угля, которая легко отваливается. Поэтому для переноски и перевозки их необходимо закрыть слоем ваты и затем завернуть в бумагу. Вату применяют также для защиты хрупких раковин, мелких костей, отпечатков насекомых и пр. Мелкие ракушки и другие остатки лучше собирать в коробки или банки от консервов, перекладывая ватой и вложив этикетку с номером обнажения и слоя. Окаменелости, завернутые в бумагу, уносят домой (или на стоянку следопыта) в рюкзаке, в вещевом мешке или в плечевой сумке (или в простом мешке или в корзинке), потом пересматривают, снабжают аккуратными ярлычками с точным обозначением места сбора и хранят в коробочках. Чтобы не перепутать при просмотре и сравнении, нужно написать на каждом образчике химическим карандашом или тушью

его номер и букву. Для пересылки по почте в другой город образчики, завернутые в вату и бумагу, упаковывают в ящик, укладывая их плотно один к другому.

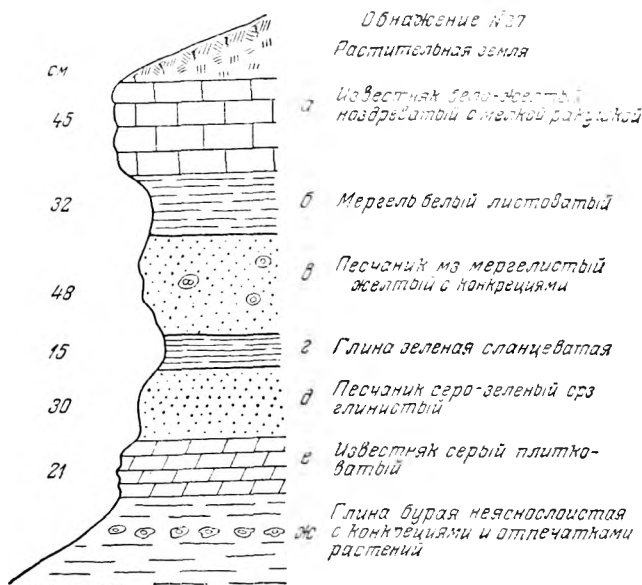


Рис. 284. Образец зарисовки и записи обнажения горных пород в записной книжке геолога.

Конкреции, в которых подозревается наличие окаменелостей, всего лучше положить в огонь небольшого костра, но не раскалять их, а только сильно нагреть и затем бросить в воду или полить водой; они разваливаются на куски, растрескиваясь вдоль поверхности окаменелости и освобождая последнюю. Кости позвоночных часто заключены в конкрециях громадной величины, которые могут быть добыты только специальными раскопками и опытными людьми. Поэтому в случае открытия таких конкреций следопыт только точно записывает и отмечает на карте место их нахождения, чтобы сообщить о нем Академии наук или университету, которые могут организовать раскопки. В других случаях такие кости бывают заключены в глине, суглинке, песке или песчанке, но в таком истлевшем виде, что при попытке добычи разрушаются; неопытному следопыту также не следует добывать их, а записать и отметить место на карте и сообщить о нем, так как добыча подобных остатков требует специальных приемов и опытности (рис. 284).

Снаряжение следопыта. Мы, конечно, не будем описывать здесь снаряжение специалиста-геолога, отправляющегося в экспедицию, так как об этом говорится в соответствующих руководствах. Мы можем указать только снаряжение любителя, желающего познакомиться с приемами полевой работы и с геологией окрестностей того места, где он живет.

Снаряжение следопыта-геолога состоит из молотка, зубила, горного компаса, записной книжки, лупы, сумки или сетки и небольшого запаса оберточной бумаги и ваты.

Молоток (если возможно достать) — так называемый геологический, у которого один конец головки, боек — тупой, а другой заострен клином поперек рукоятки или же заострен пирамидой, как у кайлы; последний фасон удобен для работы в рыхлых породах, первый — в твердых. Размер молотка должен быть средним, головка его должна весить около 500 граммов. Если нет геологического молотка, можно взять небольшой кузнечный или обойный; но для работы в твердых породах нужно, чтобы закалка его была не слишком мягкая, так как иначе он будет расплющиваться от ударов и скоро делается негодным.

Зубило представляет полоску стали с круглым или прямоугольным поперечным сечением, вытянутую на одном конце в виде острого клина; железное зубило на остром конце должно быть наварено сталью. Длина зубила 12—15 сантиметров, вес от 250 до 500 граммов. Зубило нужно для выбивания минералов и окаменелостей, для откалывания кусков горной породы; во время работы его вставляют концом клина в трещину и бьют молотком по тупому концу.

Горный компас отличается от обыкновенного карманного тем, что коробка с лимбом и магнитной стрелкой прикреплена к латунной или алюминиевой квадратной или прямоугольной дощечке и что знаки В и З или О и W, т. е. востока и запада, переставлены один на место другого. Деления на лимбе идут от 0 до 360° против часовой стрелки. Кроме того, под стрелкой на ее оси привешен грузик с указателем, и на лимбе в обе стороны от буквы В (или О) нанесены еще деления от 0 до 90° для определения угла падения пластов. Покупая компас, нужно убедиться в том, есть ли у стрелки зажим в виде винтика вне коробки (который должен прижимать стрелку к стеклу при ношении компаса в кармане), свободно ли он действует, хорошо ли качается стрелка, постепенно уменьшая размах. Коробка компаса должна иметь латунную или алюминиевую крышку. Хорошо, если компас имеет футляр из войлока или крепкой материи. В настоящее время существуют компасы из пластмассы.

Карманная лупа нужна для рассматривания мелкозернистых горных пород, окаменелостей и минералов; лупы

бывают в металлической, роговой или костяной оправе: увеличение желательно около пяти раз.

Записная книжка с карандашом — для записи наблюдений, лучше с бумагой в клетку для зарисовки обнажений.

Сумка нужна для ношения собранных образчиков, провизии при далекой экскурсии и запаса бумаги и ваты. Вещевой мешок (рюкзак) вместителен и не мешает работе, но для вынимания и вкладывания чего-нибудь его надо снимать. Хороши и сетки, употребляемые охотниками для помещения убитой дичи, или полевые сумки на ремне.

Бумага и вата необходимы для заворачивания образцов горных пород и окаменелостей, снабженных ярлычком с номером, чтобы не перепутать их при переносе.

Для рыхлых и рассыпающихся пород нужно иметь несколько небольших мешочков, которые легко склеить из бумаги. Еще лучше заготовить себе такие мешочки из холста или бязи, шириной 10 сантиметров, длиной 15—16 сантиметров, с завязками из бечевки, штук 20—30, зашнуровать их химическим карандашом по порядку и вкладывать в них собираемые образцы горных пород в порядке сбора, отмечая в записной книжке только номер мешочка, содержащего образец из данного обнажения. Это избавляет от заворачивания образца в бумагу и писания ярлычка в поле. Все эти операции делаются уже дома, при разборе собранной коллекции, а мешочки освобождаются для следующей экскурсии.

Дневник очень полезно вести, излагая в нем подробнее (чернилами в тетради) все наблюдения, сделанные во время экскурсии. В поле можно записывать их в записной книжке пискоро, сокращенно, при зарисовке обнажений. Дома, на свежую память, все подробности будут изложены и рисунок составлен аккуратно, с раскраской цветными карандашами.

Величина образчиков бывает очень различна, от 3×5 до 7×10 сантиметров (ширины и длины; толщина зависит от качества породы, но вообще не больше ширины). Молодой следопыт может ограничиться небольшими. Необходимо, чтобы с нескольких сторон образец был оббит, т. е. имел свежие изломы, а не выветренную поверхность. Окаменелости, конечно, оббивать нельзя. Для хранения коллекций нужно завести плоские коробочки из картона по размеру образцов.

В кармане следует иметь перочинный ножик для очинки карандаша и испытания твердости минералов и пород. Не мешает иметь хотя бы маленькую рулетку с лентой длиной 1 метр для измерения мощности пластов и жил.

По возможности следует приобрести хорошую топографическую карту местности. Она будет очень полезна для ориентировки, выбора маршрутов и нанесения на ней осмот-

ренных обнажений. Карту нужно наклеить на холст или на коленкор, разрезав на части карманного формата, так как бумажная карта, согнутая в такой формат, скоро протирается на сгибах при ношении в кармане. Карту надо очень беречь от сырости, а подмочив, осторожно высушить и разгладить.

Портативный фотоаппарат полезно иметь с собой для фотографирования рельефа местности и обнажений в дополнение к их описанию.

В заключение укажем, как определить посредством компаса условия залегания толщи осадочных пород. При ее наклонном положении каждый пласт имеет известное простирание и падение в ту или другую сторону под некоторым углом; измерения линии простирания, направления и угла падения определяют условия залегания. Нужно выбрать ровную площадку на плоскости напластования одного из пластов в обнажении и приложить к ней компас длинной стороной его дощечки в горизонтальном положении; прочертив карандашом линию вдоль края дощечки, мы получим линию простирания АБ. Опустив зажим стрелки компаса и подождя, пока она успокоится, запишем показание одного из ее концов. Положим, что один конец показывает СВ (NO) 40° , а другой ЮЗ (SW) 220° . Линия простирания имеет, следовательно, азимут СВ 40° или ЮЗ 220° ; предпочитают записывать северные румбы для односторонности. Теперь повернем дощечку компаса на 90° , т. е. приставим ее узкой стороной к линии простирания, но так, чтобы северный конец дощечки, т. е. часть лимба, где стоит знак С (N), был направлен в ту сторону, в которую пласт наклонен. Запишем показание обязательно северного конца стрелки, а не южного. Пусть оно будет СЗ (NW) 310° ; пласт, простираясь с юго-запада на северо-восток, падает на северо-запад. Азимут падения всегда должен отличаться на 90° от азимута простирания, так как линия падения перпендикулярна к линии простирания (рис. 285).

Теперь повернем дощечку компаса на бок и приставим ее вертикально длинной стороной к линии падения ВГ; грузик, вращающийся вокруг оси стрелки, покажет нам угол наклона, т. е. падение пласта, например 32° . Результаты измерения запишем так:

Прост. СВ (NO) 40° ; пад. СЗ (NW) $\angle 32^\circ$.

Азимут падения мы не пишем, так как он отличается на 90° от азимута простирания. Поэтому можно ограничиться записью и одного падения, но тогда нужно писать его азимут, т. е. СЗ (NW) $310^\circ \angle 32^\circ$. Эта запись вполне определяет, что простирание будет СВ (NO) 40° .

Если следопыт имеет только обыкновенный карманный компас в круглой коробке, то простирание и падение он сможет

определить только приблизительно. на глаз, сравнивая, в какую сторону отклоняется линия простирания от северо-южной линии компаса, с которой должна совпадать и стрелка, и в какую сторону наклонен пласт. Угол падения также будет определен на глаз.

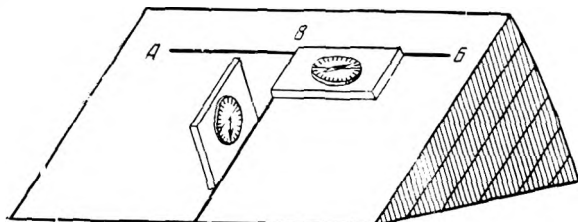


Рис. 285. Измерение простирания и падения пластов.

Простирание и падение жил и трещин отдельности измеряются, так же как и у пластов, на ровной площадке. Если последней нет, измерение производится на глаз в воздухе и, конечно, не так точно.

* * *

Мы заканчиваем нашу книгу, в которой старались показать читателю интерес и практическое значение науки о Земле, а также объяснить, что и как можно наблюдать на обширной территории нашей Родины, располагая некоторой подготовкой и самыми простыми инструментами. Природные условия СССР так разнообразны, что живущий в любой местности молодой следопыт найдет вокруг себя достаточно материала для наблюдений над составом и строением Земли и его соотношением с современным рельефом. Он может обнаружить и собрать окаменелости, описать интересные обнажения, найти признаки полезных ископаемых и сделаться знатоком ближайших окрестностей места своего жительства. Помочь ему в этой работе, познакомить с основами геологии и являлось задачей этой книги. А для дальнейшего углубления и расширения геологических знаний молодым следопытам можно рекомендовать нижеследующие руководства и пособия.

ВАЖНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Популярные издания

1. Барабанов Б. Ф. Как собирать минералы и горные породы. 1952 г.
2. Бублейников Ф. Д. Клады земли. 1946.
3. Варсонофьева В. А. Жизнь гор. 1950.
4. Варсонофьева В. А. Происхождение и строение Земли. 1945.
5. Великий А. С. Поиски и разведки полезных ископаемых, 1949.
6. Влодавец В. И. Вулканы Советского Союза. 1949.
7. Вольфсон Ф. И. Что такое рудные месторождения, где и как их искать. 1952.
8. Горшков Г. П. Землетрясения на территории Советского Союза. 1949.
9. Заварицкая Е. П. Вулканы. 1948.
10. Кузнецов С. С. По горам и равнинам. 1947.
11. Кузнецов С. С. и Моисеенко В. С. Геохронологическая таблица и малый атлас руководящих ископаемых. 1949.
12. Лодочников В. Краткая петрология без микроскопа (для неспециалистов). 1931.
13. Музафаров В. Г. Определитель минералов и горных пород. 1950.
14. Обручев В. А. Образование гор и рудных месторождений. 1943.
15. Обручев В. А. Происхождение гор и материков. 1956.
16. Савельев Л. Следы на камне. История земли и жизни на ней. Под ред. акад. В. А. Обручева. 1940.
17. Синегуб Е. С. Как собирать коллекции горных пород и минералов. 1951.
18. Смольянинов И. А. Как определять минералы по внешним признакам. 1951.
19. Ставровский А. Е. Определитель минералов и горных пород. 1949.
20. Ставровский А. Е. Полезные ископаемые. 1951.
21. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. 1959.
22. Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. 1959 г.
23. Яковлев А. А. Минералогия для всех. 1947.
24. Яковлев А. А. В мире камня. 1951.

25. Яковлев А. А. В поход за полевыми ископаемыми. 1954.
26. «Изучай свой край». Книга юного краеведа. Под ред. С. В. Обручева. 1951.

2. Систематические руководства

27. Ажгирей Г. Д. Структурная геология. 1956.
28. Апродов В. А. Геологическое картирование. 1952.
29. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. 1954 (2-е издание «Общей геотектоники», 1948).
30. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. 1951.
31. Бетехтин А. Г. Татаринов П. М. и др. Курс месторождений полезных ископаемых. 2-е издание, 1946.
32. Биллингс М. П. Структурная геология. 1949.
33. Бодылевский В. И. Малый атлас руководящих ископаемых. 1951.
34. Буялов Н. И. Структурная и полевая геология. 1953.
35. Гвоздецкий Н. А. Карст. 1950.
36. Давиташвили Л. Ш. Краткий курс палеонтологии. 1958.
37. Елисеев Н. А. Структурная петрология. 1953.
38. Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы. 1955.
39. Зубков В. В. Краткий курс общей петрографии, 2-е изд. 1952.
40. Калесник С. В. Общая гляциология. 1939.
41. Критский В. В. и Четвериков С. Д. Краткий курс минералогии и петрографии с начальными сведениями по кристаллографии. 7-е изд., 1956.
42. Коровин М. К. Историческая геология. 1941.
43. Криштофович А. Н. Курс палеоботаники. 1945.
44. Кузнецов Е. А. Петрография магматических и метаморфических пород. 1956.
45. Кузнецов С. С. Геология (динамическая геология). 1956.
46. Лучицкий И. В. Петрография. Т. I, 1947; т. II, 1949.
47. Миловский А. В. Минералогия и петрография. 1958.
48. Михайлов А. Е. Основы структурной геологии и геологического картирования. 1958.
49. Музафаров В. Г. Минералогия и петрография. 1955.
50. Наливкин Д. В. Учение о фациях. Т. I и II, 1936.
51. Обручев В. А. Рудные месторождения. 1935.
52. Обручев В. А. Полевая геология. Четыре изд., т. I и II, 1927 до 1932.
53. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. Ч. I—II. 1940.
54. Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. 1959.
55. Рухин Л. Б. Основы литологии. 1953.
56. Смольянинов Н. А. Практическое руководство по минералогии. 1948.
57. Страхов Н. М. Основы исторической геологии. Т. I и II. 1948.
58. Титов А. Г. Минералогия с основными сведениями из кристаллографии, 1941.

59. Торопов Н. А. и Булак Л. Н. Курс минералогии и петрографии с основами геологии. 1953.
 60. Усов М. А. Структурная геология. 1940.
 61. Хилс Е. Очерки структурной геологии. 1954.
 62. Хайн В. Е. Геотектонические основы поисков нефти. 1954.
 63. Чарыгин М. М. Общая геология. 2-е изд. 1959.
 64. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. 3-е изд. 1958.
 65. Эдельштейн Я. С. Основы геоморфологии. 2-е изд. 1947.
 66. Яковлев С. А. Общая геология. 9-е изд. 1948.
 67. Яковлев С. А. и др. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. I и II. 1954—1955.
 68. Геологический словарь. Изд. Всес. научно-исслед. геол. ин-та под ред. А. Н. Криштофовича и Т. Н. Спитарского. Т. I и II. 1955.
 69. Методическое руководство по геологической съемке и поискам. Сост. группой геологов Всес. научно-исслед. геол. ин-та под общ. рук. С. А. Музылева. 1954.
 70. Методическое руководство по геологическому картированию метаморфических комплексов. Под ред. В. А. Николаева. 1957.
 71. Справочник путешественника и краеведа. Под ред. С. В. Обручева. Ч. I и II. 1949—1950.
 72. Спутник полевого геолога-нефтяника. Под общ. ред. Н. Б. Бассоевича. 2-е изд., т. I и II, 1954.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

От Издательства	2
Введение	3
I. О чем шепчет ручеек, текущий по оврагу	7
II. Чему можно научиться на берегу моря	36
III. Как работает вода под землей	57
IV. Разрушители камней	74
V. Как работает ветер на земле	98
VI. Камни-путешественники	126
VII. Продукты земных недр	163
VIII. Как создаются и разрушаются горы	201
IX. Почему то здесь, то там трясется Земля	238
X. Краткая история нашей Земли	254
XI. Катастрофы в истории Земли	286
XII. Какие богатства содержит Земля	321
XIII. Молодой следопыт	344
Важнейшая литература	364

Владимир Афанасьевич Обручев

Занимательная геология

*Утверждено к печати
редколлегией научно-популярной литературы
Академии наук СССР*

Редактор издательства *В. А. Боярский*
Технический редактор *Т. П. Полечова*
Художник *И. Борисов*

РИСО АН СССР № 59-141В Сдано в набор 10/VI—1960 г.

Подписано к печати 31/XII 1960 г.

Формат 60×92¹/₄. Печ. л. 23+13 вкл. Уч.-изд. л. 22,3

Тираж 30 000 экз. Изд. № 4700. Тип. зан. № 816

Цена 1 руб. 68 коп.

Издательство Академии наук СССР
Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография Издательства АН СССР
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10