

Проф. С. А. ЯКОВЛЕВ

УЧЕБНИК ГЕОЛОГИИ

ОПЕЧАТКИ

<i>Страница</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует</i>
40	20 снизу	в Крыму	на севере
69	13 снизу (в подписи к рисунку)	Вальдштедту	Вольдштедту
72	5 сверху	ледниковая	ледника
95	8 сверху	двух	других
139	8 снизу	формуле	форме
166	17 сверху	липилли	лапилли
188	16 снизу	волны	волн
217	5 снизу	problematicum	problematicum
322	19 снизу	теория континентальная	теория контракционная
238	После 11 строки снизу пропущено: вторые заселили материки, перешли отсюда в море		
242	Надпись под рисунком 256 надо отнести к рисунку 257 и обратно.		

Проф. С. А. ЯКОВЛЕВ

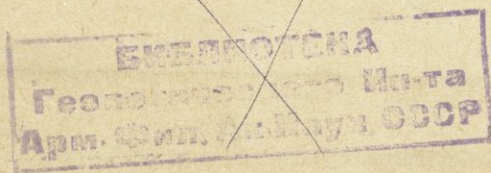
550. (075)

550. (075.1)
Л. 47

УЧЕБНИК ГЕОЛОГИИ

ВОСЬМОЕ ИСПРАВЛЕННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

749
647
1991



ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОЙ И ГОРНО-ТОПЛИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАД 1938 МОСКВА

Книга проф. С. А. Яковлева „Учебник „геологии““ выходит восьмым изданием. В настоящем издании книга пополнена рядом новых рисунков, а также исправлена и дополнена в тексте новыми данными, полученными в результате геологических исследований в последние годы.

Книга проф. С. А. Яковлева является учебником для студентов вузов, вузов и техникумов.

Отв. редактор *Г. В. Буряк.*

Техн. редактор *Е. А. Мосевич.*

Корректор *В. А. Острогский.*

Тираж 7 000. Сдано в набор 3/IX 1937 г. Подп. в печ. 4/XI 1937 г. Формат бумаги 62 × 94. Уч.-авт. л. 23,56. Бум. лист. 10³/₈ + 2 вкл. Печ. зн. в бум. л. 101 000. Заказ № 1490. Леноблгорлит № 5033. Выход в свет декабрь 1937 г.

3-я тип. ОНТИ. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

ВВЕДЕНИЕ

Геология — слово древне-греческое и значит — слово, или как мы теперь говорим, наука о Земле.

Планета Земля, как и все существующее на ней, не остается постоянной, а непрерывно изменяется. Первоначальный лик Земли, окружающая ее атмосфера, находящиеся на ней горы и впадины, материки и океаны, слагающие ее минералы и горные породы, животный и растительный мир — прежде были совершенно иными, чем в настоящее время.

В течение громадного промежутка времени, исчисляемого не менее чем в $1\frac{1}{2}$ миллиарда лет, путем непрерывных изменений, то вековых и медленных, то быстрых и революционных, создалась та картина мира, которую мы застаем в настоящее время на Земле.

Геология, совместно с другими естественно-историческими науками, занимается изучением состава, строения, современного состояния Земли, равно как и явлений, на ней совершающихся. Кроме того геология изучает прошлое Земли, составляет историю событий совершавшихся на Земле с первоначальных времен ее возникновения и по настоящее время. Пользуясь встречающимися в горных породах окаменелостями — остатками от прежде живших на Земле животных и растений, геология восстанавливает картину животного и растительного мира, населявшего Землю в течение длительных геологических периодов. Изучение остатков прежней органической жизни наглядно показывает, что и в отдаленные от нас времена на Земле все совершалось без сверхъестественных сил и чудес под действием тех же диалектико-материалистических законов, которые действуют в настоящее время. Развитие органической жизни шло медленно от низших форм к высшим и завершилось на данном этапе развития сравнительно незадолго до нашего времени появлением разумного существа — человека.

Углубляясь все дальше в историю Земли, геология подошла к одному из труднейших и в то же время к самому важному вопросу в естествознании — о происхождении Земли, осветив его гипотезами Канта—Лапласа, Чемберлена—Мультона и др.

Преследуя научные цели, геология много дает и для практической жизни путем изучения встречающихся в земной коре залежей руд, каменного угля, нефти и др. полезных ископаемых, без которых невозможно существование современного человечества.

I. ОБРАЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Как образовалась Земля? Основной закон физики и химии гласит, что материя вечна — она не творится и не исчезает. Материя, из которой образовалась Земля, существовала еще прежде чем она собралась в форму нашей планеты. В каком же виде существовала эта материя до образования Земли?

Выйдем на двор в темную безоблачную ночь и посмотрим на звездное небо. Около 6000 звезд сияют на нем, будучи видимы невооруженным глазом, 125 000 000 их обнаруживаются в сильный телескоп.¹ Кроме того в небе существуют еще космические туманности, в которых даже в наиболее сильный телескоп нельзя обнаружить отдельных составных частей.

Два пути имеем мы, чтобы узнать, из чего состоят эти мировые тела. Один путь это — спектральный анализ, другой — метеориты, падающие к нам на Землю из межпланетного пространства.

Спектральный анализ состоит в исследовании состава вещества по характеру света, испускаемого им в раскаленном состоянии. Белый луч света, проходя через стеклянную призму спектроскопа, разлагается на ряд цветных полос, называемых *спектром*. Цвета в спектре располагаются всегда в одном и том же порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Чем выше температура светящегося тела, тем ярче выступают синие и фиолетовые полосы, а у светящихся тел с низкой температурой относительно сильнее выступает красная полоса. Благодаря этому по интенсивности тех или других цветных полос в спектре можно судить о температуре испускающего свет тела.

Спектр от раскаленных твердых или жидких тел, а также от сильно уплотненных газов всегда одинаков: все цветные полосы переходят друг в друга постепенно, без перерывов; такого рода спектр называется *сплошным*.

Другой характер имеют спектры от раскаленных газов: цветные полосы спектра темнеют, и в них появляются цветные линии такой же окраски, как и заключающие их цветные полосы, но только более светлые. Такой спектр называется *линейчатым*. При этом в отличие от спектра раскаленных твердых или жидких тел каждый химический элемент в газообразном состоянии имеет свой собственный спектр с исключительно ему свойственными светлыми линиями. Так например в спектре от раскаленных паров металла натрия имеется одна желтая линия, в спектре калия — две яркие крас-

¹ При помощи фотографирования через сильные телескопы общее количество звезд исчисляется около 2 миллиардов.

ные и одна слабая фиолетовая линии, в спектре водорода — одна красная, одна зеленая, одна синяя и две фиолетовых линии и т. д.

Таким образом мы получаем возможность определять химический состав раскаленных газов путем исследования испускаемого ими света, т. е. спектрального анализа.

Если белый свет от раскаленного твердого или жидкого тела пропустить через слой газа, то некоторые его лучи этим газом будут задержаны, и в спектре появятся темные линии; последние располагаются на месте светлых линий, характерных для света самого газа, испускаемого им в раскаленном состоянии. Спектры такого рода называются *спектрами поглощения*. Такие темные линии имеются в спектрах Солнца и звезд; они называются *фраунгоферовыми линиями* по имени открывшего их ученого Фраунгофера.

Кирхгоф получил спектр, подобный спектру Солнца, пропустив свет от раскаленного твердого тела через смесь искусственно подобранных газов, соответствующих газам, находящимся в атмосфере Солнца.

Благодаря спектральному анализу было доказано, что на Солнце присутствует большинство тех же химических элементов, которые встречаются и у нас на Земле.

Судя по интенсивности света, температура на Солнце очень высока — $6000-7000^{\circ}$.

Таких тел, как солнце, т. е. состоящих из уплотненного центрального ядра и газообразной внешней оболочки, находящихся в раскаленном состоянии с температурой не меньше 6000° , в небе очень много. Таковы, например, звезды: Капелла, Арктур, Альдебаран и др.; все они обладают желтым цветом и относятся ко II классу звезд.

Но, кроме этих «солнц» мирового пространства, в небе есть еще звезды с температурой несравненно более высокой, чем температура Солнца. Спектр от таких звезд с сильным развитием линий водорода и лишь со следами линий других элементов указывает, что эти звезды состоят только из одного раскаленного газа без уплотненного центрального ядра; светятся они белым цветом

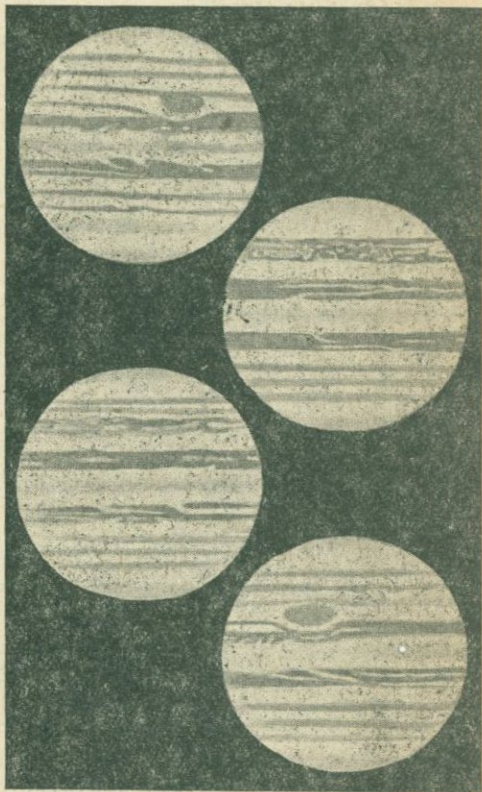


Рис. 1. Изменение полос и пятен на поверхности Юпитера по наблюдениям Килера в Ликской обсерватории в 1889 г.

и относятся к звездам I класса. Таков Сириус и многие звезды в созвездии Ориона.

Наряду с такими звездами в небесном пространстве есть звезды с температурой значительно меньшей, чем температура Солнца, и тела совершенно остывшие.

Если, например, посмотреть на звезду α в созвездии Геркулеса или на звезду γ в созвездии Ориона, то они нам представляются

светящимися красным цветом; температура их не выше 3000° . В спектре их присутствуют не только темные линии, но даже целые темные полосы, указывающие на то, что температура этих звезд настолько низка, что отдельные элементы имеют возможность вступать между собой в химические соединения. Такого рода звезды относятся к III классу и представляют переход к остывшим телам, не испускающим своего собственного света, а светящимся отраженным светом от других светил. Примером таких тел служит Земля и еще более охлажденное тело — ее спутник Луна. Переход от состояния красной звезды до темного тела, покрытого твердой корой, не совершается быстро, и в небе есть много тел, находящихся в переходной стадии. В таком состоянии находится самая большая планета нашей солнечной системы — Юпитер, которая сохранила еще настолько высокую тем-

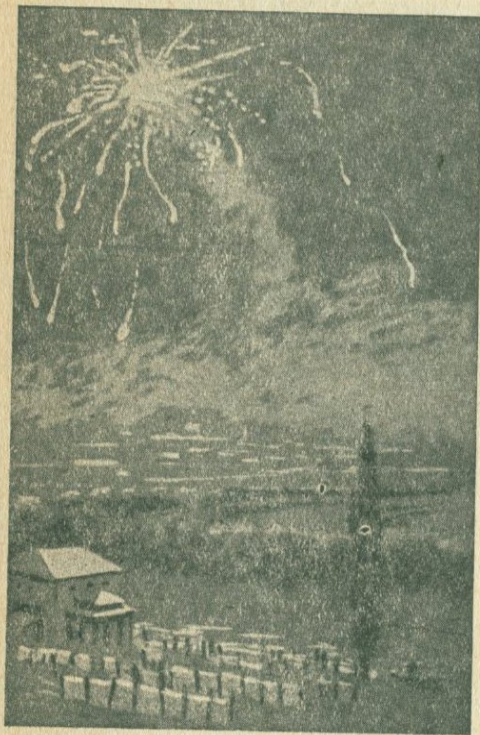


Рис. 2. Падение метеора в Мадриде 10 февраля 1896 г.

пературу, что на поверхности ее только теперь совершается переход веществ из жидкого состояния в твердое. В этом убеждает нас собственный, хотя и слабый свет Юпитера, неравномерное распределение этого света, различная окраска его частей и изменчивое положение пятен и полос на его поверхности. Это видно на четырех рисунках планеты Юпитер (рис. 1).

В более охлажденном, но не совсем остывшем состоянии находится наша Земля; совершающиеся на ней временами землетрясения и вулканические извержения являются отголоском ее звездного состояния.

Другой путь распознать состав небесных тел — это непосредственный химический анализ обломков небесных миров — метеоритов, изредка попадающих на нашу земную поверхность (рис. 2).

Метеориты — это тела, представляющие вероятнее всего обломки мировых тел, ранее не принадлежавших нашей солнечной системе, но сделавшихся частью ее вследствие того, что они при своем движении в мировом пространстве попали в сферу земного

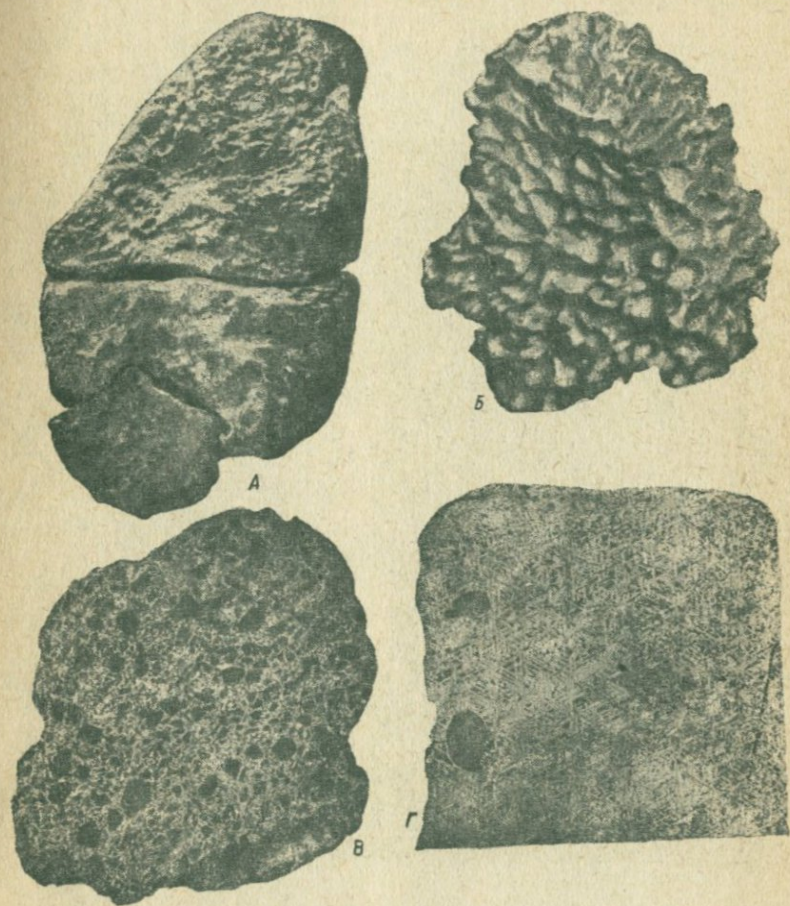


Рис. 3. Метеориты.

А — каменный метеорит, упавший в 1886 г. в Венгрии; вес 294 кг; *Б* — железный метеорит, упавший в 1886 г. в Арканзасе (США); с поверхности покрыт правильными ямками; вес 47 кг; *В* — палласит из Кентукки (США, 1880 г.); палласит—метеорит, переходный по составу между железным и каменным метеоритами; на отполированной поверхности видны темные порфирировидные кристаллы оливина в промежуточной, более светлой массе никелевого железа; *Г* — отполированная поверхность железного метеорита, на которой видны Видманштеттовы фигуры.

притяжения. Пролетая вблизи Земли и подчиняясь силе ее притяжения, такие обломки, величина которых колеблется от размеров мельчайших пылинок до десятков и сотен тонн, падают на поверхность Земли, врываясь в ее атмосферу с громадной скоростью, достигающей до 100 и более километров в секунду. При таких скоростях сила трения метеорита о воздух достигает очень большой величины даже в верхних, весьма разреженных слоях атмосферы. Вследствие трения температура метеорита повышается до не-

скольких тысяч градусов, метеорит раскаляется до ярко-белого каления, содержащиеся в нем газы от нагревания расширяются, в силу чего метеорит разбивается на мелкие куски. Но если метео-

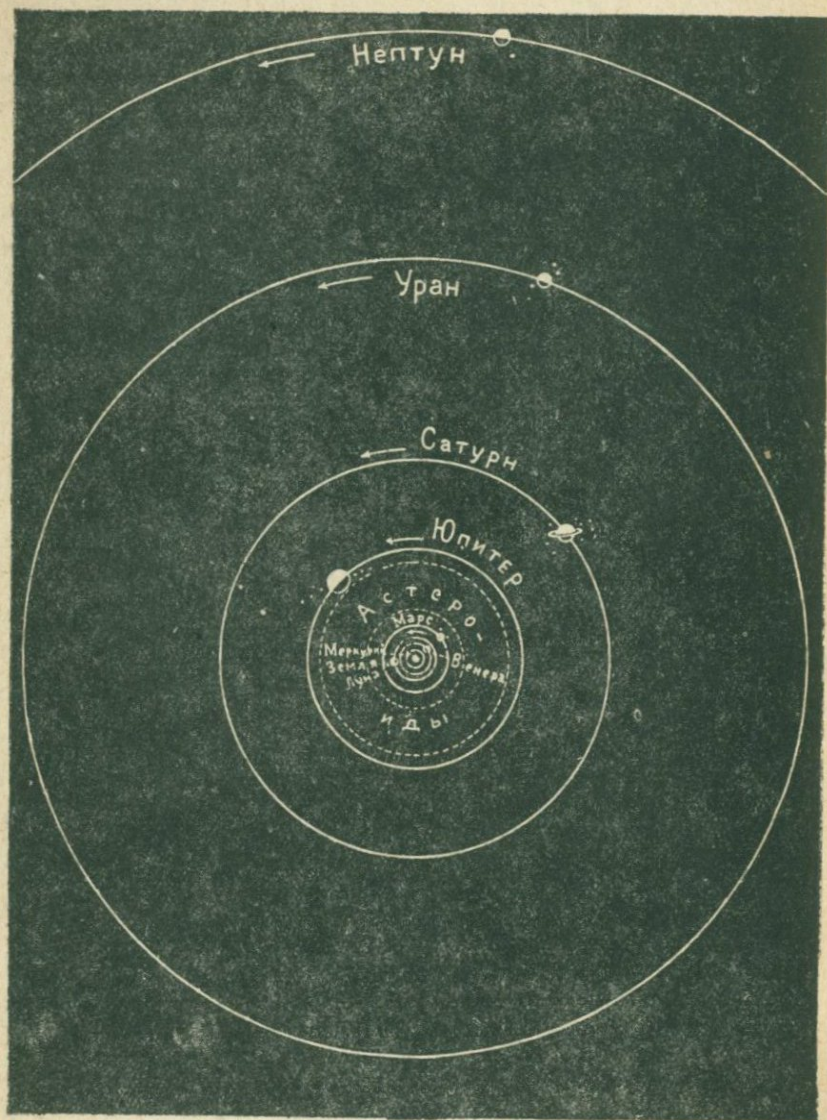


Рис. 4. Относительные размеры орбит планет солнечной системы.

рит не содержит газов, то он благополучно достигает Земли. Самый большой из найденных метеоритов весит 50 000 кг. По химическому составу метеориты содержат те же элементы, какие мы имеем на Земле.

Каменные метеориты часто состоят из округленных зерен (хондр); хондры,¹ сильно растрескавшиеся силикаты, присутствие стекловатой субстанции в минералах, часто наблюдаемая оплавленность поверхности — все это настолько характерно для метеоритов, что их нельзя смешать ни с одной земной горной породой (рис. 3).

По составу различают три группы метеоритов: 1) железные метеориты — сидериты, 2) каменные метеориты — хондриты и 3) сте-

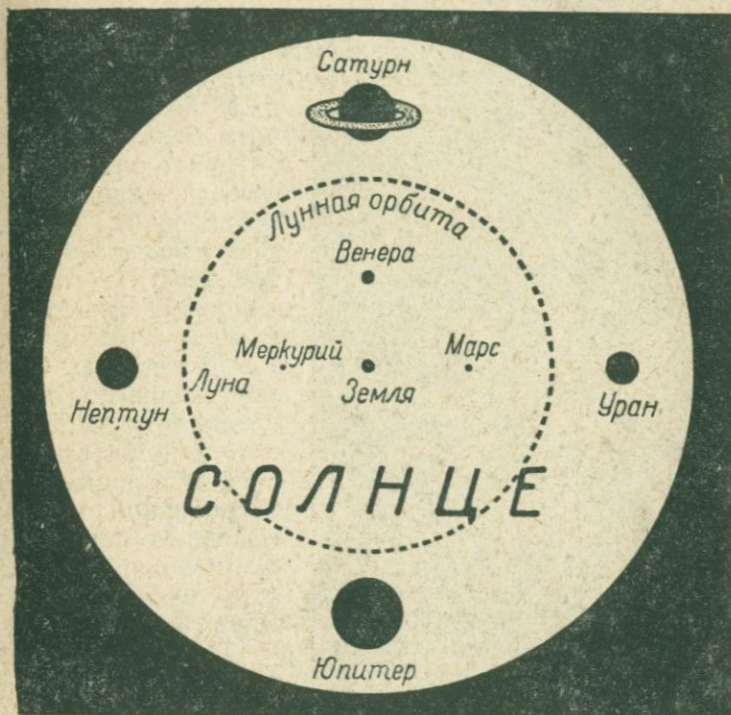


Рис. 5. Сравнительная величина Солнца и планет. Диаметр Солнца равен 108 диаметрам Земли.

кловатые — тектиты. Почти половина известных метеоритов принадлежит к хондритам, около половины к сидеритам, и лишь очень немногие к тектитам. Присутствие неокисленных самородных металлов, как например железа, вообще очень легко окисляющегося, говорит за то, что там, где образовались эти метеориты, не было кислорода и воды. Хондровая структура и стекловатая масса многих метеоритов указывают на их сравнительно быстрое охлаждение. Из земных минералов в метеоритах встречаются: оливин, авгит, бронзит, полевой шпат и кварц (крайне редко).

¹ Хондрас по-гречески значит — зерно.

Таким образом спектральный анализ отдаленных светил и непосредственный химический анализ вестников далеких миров — метеоритов доказывают, что материя, пошедшая на образование различных миров, всюду одина.

Одни и те же элементы встречаются в спектре отдаленных звезд, в обломках небесных миров, попадающих к нам на Землю, и у нас на Земле в горных породах. Но для того чтобы вполне представить себе картину небесного мира, надо еще познакомиться с так называемыми небесными туманностями.

Прежде думали, что туманности — не что иное, как отдаленные скопления звезд и что в силу их отдаленности свет, исходящий от них, сливается и не дает нам возможности различить отдельные звезды.

Но астроном Гершель высказал предположение, подтвержденное впоследствии спектральным анализом, что туманности — это сплошные космические тела, обладающие чрезвычайно малой плотностью. Спектральный анализ подтвердил это предположение: туманности действительно оказались состоящими из очень разреженной материи, состоящей из легчайших газов: водородом, гелием и еще особым газом туманностей — *небулием*.

Туманности, в которых материя является еще очень мало уплотненной, ближе всего подходят к тому раскаленному газовому клубу, из которого, по теории Канта-Лапласа, развилась наша планетная система.

Сущность этой теории заключается в следующем. Все планеты (рис. 4 и 5) вращаются вокруг своей оси в одну и ту же сторону с запада на восток; все они движутся вокруг Солнца по круговым орбитам также с запада на восток; орбиты всех планет лежат почти в одной плоскости; спутники планет движутся кругом них так же, как планеты кругом Солнца: в том же самом направлении, и орбиты их лежат почти в той же самой плоскости. Все эти законы в движении планет, по мнению Канта и Лапласа, не являются случайными, а обусловлены общностью происхождения всех планет солнечной системы. Все планеты вместе с Солнцем вначале были одной туманностью, размеры которой простирались за орбиту



Рис. 6. Большая туманность в созвездии Ориона.

самой дальней, известной тогда, планеты — Нептуна.¹ Плотность такой туманности была очень мала. Приблизительное представление о ее плотности можно составить, если всю массу планет и Солнца распределить в форме сплюснутого шара или эллипсоида, экватором которого была бы орбита Нептуна; тогда в кубе этого пространства, имеющего ребро в 570 м, помещался бы один грамм мировой материи; если же такой куб наполнить воздухом под нормальным атмосферным давлением, то в него вошло бы 240 миллионов килограммов последнего.

Кант назвал такую первичную массу очень тонкой первичной туманностью, а Лаплас — раскаленным газовым клубом.

Вследствие охлаждения через потерю теплоты в мировое пространство, такая туманность должна была сначала сжиматься и уплотняться, а вместе с сгущением вещества в ней должны были начать действовать притягательные и отталкивательные силы. Так как равновесия между этими силами в первое время не было, началось вращательное движение массы туманности.

Если обратиться к существующим теперь небесным туманностям, то действительно из многочисленных фотографических снимков последних видно, что большинство туманностей имеют спиральную форму. Большая туманность Ориона (рис. 6) представляет еще очень сложную фигуру, в которой только местами заметны вихреобразные движения. Туманность в созвездии Гончих собак (рис. 7) имеет спиральную форму; туманность в созвездии Б. Медведицы, обозначаемая как М. 81 (рис. 8), показывает правильное спиральное строение с образовавшимся центральным телом и расположенными в различных частях спирали звездами.

Чем больше уплотнялась масса туманности, тем сильнее должно было увеличиваться вращение ее. Совершенно подобно тому, как это наблюдается в опыте Плато с вращением капель масла в смеси спирта и воды, с увеличением скорости вращения туманности на-



Рис. 7. Спиральная туманность в созвездии Гончих собак.

¹ В настоящее время (в 1930 г.) открыта еще одна планета — Плутон, находящаяся дальше от Солнца, чем Нептун.

Ее расстояние от Солнца в 40 раз больше расстояния Земли; по размеру она немного больше Земли, но плотность ее выше плотности других планет.

чалось сплющивание ее у полюсов и утолщение ее на экваторе. Все увеличивающееся утолщение массы в экваториальной области привело к тому, что под влиянием центробежной силы отделились сначала одно, а в дальнейшем несколько колец вещества туманности. Малейшего нарушения равновесия было достаточно, чтобы такие кольца разорвались и по законам небесной механики собра-

лись в отдельные шары; взаимное тяготение связало эти шары между собой и с центральным телом туманности. Из первых, более ранних колец образовались более дальние планеты, а из позднейших — более близкие к центру.

Планеты в свою очередь подверглись тем же процессам, и из отделившихся от них колец образовались их спутники. Только у одной из планет — у Сатурна, благодаря каким-то особым условиям, не произошло разрыва кольца и оно сохранилось, представляя прекрасную иллюстрацию того, как строились планетные миры (рис. 9). Таким же путем отделилась от Земли и Луна.

В силу потери теплоты в холодное мировое пространство каждая из сформировавшихся планет все более уплотнялась и постепенно превращалась сначала в белую звезду I класса с очень высокой температурой, затем, остывая, планета с уплотненным ядром, с фотосферой и внешней газообразной оболочкой — атмосферой; далее — в красную звезду, у которой температура спускается до 3000° , еще далее — в несветящееся темное тело с твердой корой и наконец в совершенно остывший шар.

Теперь остается еще объяснить, почему по гипотезе Канта-Лапласа различные планеты солнечной системы находятся в различном состоянии: одни из них, как например Юпитер, еще не покрылись



Рис. 8. Спиральная туманность М. 81 в созвездии Б. Медведицы.

турой и еще мало плотной материей; переходила в желтую звезду II класса с фотосферой и внешней газообразной оболочкой — атмосферой; далее — в красную звезду, у которой температура спускается до 3000° , еще далее — в несветящееся темное тело с твердой корой и наконец в совершенно остывший шар.

твёрдой корой, другие же, как Марс и Земля, сильно остыли и одеты с поверхности каменной оболочкой. В этом играет главную роль величина планет. Самое большое тело — Солнце — остыло меньше всех остальных и потому состоит из раскаленной до очень высокой температуры материи. Далее по величине идет Юпитер; он хотя и находится от Солнца дальше многих планет, но по величине он следующее за Солнцем тело и потому представляет как бы полуостывшее Солнце, не покрытое сплошной твёрдой корой. Напротив, такая планета, как Луна, которая сравнительно очень мала, охладилась совершенно. Остальные планеты по своему физическому состоянию занимают промежуточное место между этими крайностями в зависимости от их величины и удаленности от Солнца.

Такова в общих чертах Канто-Лапласовская теория происхождения солнечной планетной системы и в частности планеты

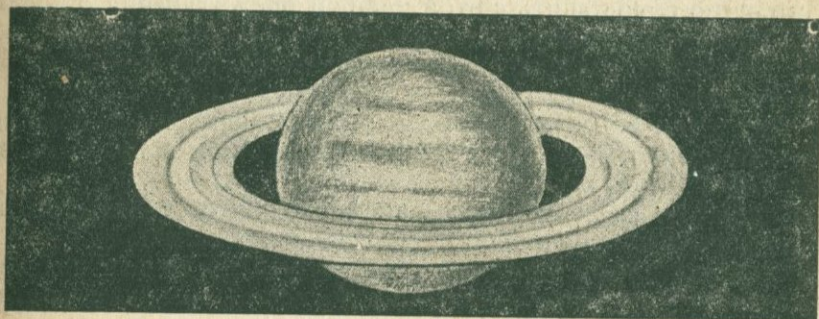


Рис. 9. Планета Сатурн и ее кольца.

Земли. В настоящее время, благодаря успехам, сделанным в астрономии со времени Канта и Лапласа, некоторые положения этой теории не укладываются в рамки наблюдаемых фактов, и потому на смену ей предлагают новые теории мироздания; из них наиболее распространенной является теория Чемберлена и Мультона. По этой теории спиральная небесная туманность возникла благодаря тому, что два солнца прошли очень близко друг от друга и вступили между собой в колизию, благодаря которой одно из них было превращено в небесную туманность. Последняя состояла из множества космических тел — планетезималей, вращающихся вокруг центрального газового ядра, из которого путем стяжения вещества образовалось наше солнце, а из сгустков планетезималей, разбросанных на ветвях спирали туманности, путем соединения от столкновений в силу беспорядочного начального движения возникли планеты. Последние вначале не были нагреты, а получили свою внутреннюю теплоту только впоследствии при уплотнении, когда кинетическая энергия планетезималей перешла в тепловую. Таким путем образовалась и наша Земля, поверхность которой всегда была холодной.

Теория Чемберлена и Мультона также вызвала возражения со

стороны геофизиков и астрономов, равно как и космогонические теории других ученых (Аррениуса, Файя, Джинса и др.).

Но основная идея Канто-Лапласовской теории — развитие планет из небесной туманности, осталась незабытой и принимается в основание всех новейших теорий мироздания, из которых пока еще ни одна не получила полного признания.

Спектральный анализ света, доходящего до нас от Солнца и других светил, а также химический анализ метеоритов с полной очевидностью устанавливают единство элементарного состава мировых тел и Земли. Присутствие внутри Земли огненно-жидкой массы убеждает нас в том, что современного своего состояния Земля достигла, пройдя постепенно стадии от небольшой звезды до темного, покрытого каменной корою и не остывшего еще совершенно шара. Процесс охлаждения Земли от начала ее образования до настоящего момента длился по приблизительным расчетам несколько миллиардов лет.

Интересно сопоставить с этой цифрой представления о возрасте Земли, которые существуют в преданиях различных народов.

По еврейскому календарю от сотворения мира богом прошло по настоящему время (в 1937 г.) — 5697 лет.

В преданиях более древнего, чем евреи, народа — вавилонян — после сотворения мира праотцы вавилонян жили и правили своей страной 30 000 лет.

По японским сказаниям население японских островов существовало за несколько миллионов лет до нашего времени.

Древние китайские летописи говорят, что до начала правления правителя Яо, жившего в 2357 году до нашей эры, уже протекло 3 260 000 лет.

Как видно из этих цифр, даже наиболее фантастические из них не могут идти в сравнение с тем громадным периодом времени, в течение которого по современным научным данным существует наша планета.

II. ФОРМА И ВЕЛИЧИНА ЗЕМЛИ

Земля отделилась от Солнца еще тогда, когда она была в газообразном или жидком состоянии. В таком виде, под влиянием развившейся от вращения центробежной силы, она не могла принять форму совершенного шара, а должна была быть несколько сплюснутой. Эта форма не могла быть изменена и в дальнейшем, когда Земля с поверхности покрылась твердой корою.

Действительно, произведенные точные измерения длины широтных и меридианных дуг земной поверхности показали, что Земля обладает формой не правильного шара, а шара сплюснутого у полюсов, или сфероида. Экваториальный диаметр ее равен 12 755 км, а земная ось 12 712 км. Общая поверхность Земли измеряется в 509 950 714 кв. км, а объем — 1 083 млрд. куб. км.

Такой сфероид можно представить, если взять эллипс с вертикальной осью, равной земной оси, и с горизонтальной осью, равной экваториальной оси Земли, и затем вращать его вокруг вертикальной оси. Полученная от вращения фигура, или эллипсоид

вращения, и будет представлять земной сфероид. Последний нужно рассматривать как идеальную форму Земли, тогда как в действительности, как это показали точные измерения, в некоторых местах форма Земли то приближается к сфероиду, то несколько отклоняется от него. На океане поверхность Земли ниже поверхности сфероида, на материках — выше сфероида. Для того чтобы приблизиться к представлению истинной формы Земли, берут уровень неподвижной поверхности океанов и мысленно прорезающих материи во всех направлениях и сообщающихся с морем каналов. Полученная таким образом форма Земли называется *геоидом*.

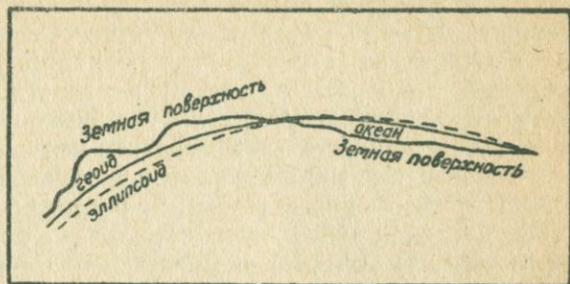


Рис. 10. Соотношение поверхностей Земли, геоида и эллипсоида (сфероида).

Соотношение между действительной поверхностью Земли, геоидом и эллипсоидом (сфероидом) показано на рис. 10.

Физические свойства Земли

Теплота. Земля получает свою теплоту из двух источников: вне — от Солнца и изнутри — из недр самой Земли. Теплота поверхностного слоя Земли почти целиком внешнего происхождения, так как внутренняя теплота, в силу плохой теплопроводности горных пород, доходит до поверхности в очень малой степени — она составляет всего 0,5% солнечной теплоты.

В силу того, что количество солнечной теплоты, получаемое Землей, в различных широтах неодинаково, земная поверхность нагревается различно и на неодинаковую глубину. В полярных областях даже летом оттаивает только самый поверхностный почвенный слой, а в слоях, подстилающих его, температура ниже нуля. В тропических областях температура поверхности Земли достигает 40—50°.

Количество теплоты, посылаемой Солнцем на Землю, не остается постоянным для одного и того же места: оно колеблется по сезонам года и в различное время суток. Поэтому и температура поверхности Земли не остается одинаковой и испытывает сезонные и суточные колебания. Но эти колебания сказываются лишь в поверхностном слое Земли, а с глубиной они убывают и наконец исчезают совершенно. Тот слой Земли, в котором сезонные и суточные изменения температуры не сказываются, имеет все время постоянную температуру и называется слоем с *постоянной температурой*. Глубина его залегания различна: в экваториальной области, где годовые амплитуды температур незначительны, он лежит

на глубине 1—2 метров. В средних широтах, где сезонные колебания температур значительны, пояс с постоянной температурой (понижается, а в полярных областях — опять повышается). В Днепро-Держинске на юге Украины — глубина залегания пояса с постоянной температурой — 19,2 м, в парке Лесотехнической Академии в Ленинграде — 19,6 м, а около Архангельска — 10 м.

Температура этого пояса равняется приблизительно средней годовой температуре данной местности. Если она ниже 0°, то тогда просачивающаяся сверху в Землю вода превращается здесь в лед и возникает *вечная мерзлота почвы*.

Области с вечной мерзлотой в почве занимают обширные пространства в северных и южных широтах.

В пределах СССР вечная мерзлота протягивается от реки Мезени через Печорскую низменность и Северный Урал к устью Оби, а отсюда почти по всей Восточной Сибири (см. рис. 11).

Существование вечной мерзлоты служит лучшим доказательством того, что температура поверхностных слоев Земли зависит преимущественно от тепла, посылаемого Солнцем, и что внутренняя теплота Земли не сказывается на поверхности сколько-нибудь заметным образом.

Ниже пояса с постоянной температурой, последняя постепенно с глубиной повышается, о чем свидетельствуют наблюдения в глубоких буровых скважинах, тоннелях и шахтах. Знаменитые по богатству золотом рудники золотоносной Комстокской жилы в Неваде должны были быть оставлены, так как на глубине 600 м температура достигала в них 42,2°, т. е. предела, до которого человек может работать в рудничной атмосфере.

При прокладке Симплонского туннеля в Альпах температура на глубине 2 690 м от земной поверхности достигала 50° С.

Расстояние, на которое вглубь земли температура повышается на 1° С, называется *геотермическим градиентом* или *градусом*. В среднем геотермический градус определяется в 35 метров.

Подтверждение возрастания температуры с глубиной дают выходящие на поверхность горячие источники и, затем, вулканы, выбрасывающие на земную поверхность при своих извержениях расплавленную лаву с температурой выше 1 000°.

Если исходя из геотермического градуса рассчитать величину температуры на глубине земного радиуса, т. е. в центре Земли, то она должна быть очень высока и превышать 100 000°. Однако многие ученые считают, что температура в центре Земли не столь велика и не превышает 4 000—5 000° С.

Сила тяжести. Земля, как и всякое тело, обладает свойством *притяжения*. Все предметы на земле притягиваются Землей. Силу, с которой предметы притягиваются Землей, мы называем *силой тяжести* и определяем ее как вес тел. Действие силы тяжести происходит по вертикальной линии и направлено к центру Земли. Все точки поверхности геоида перпендикулярны к направлению силы тяжести. Вследствие сплюснутости Земли у полюсов и утолщения на экваторе точки земной поверхности на экваторе стоят дальше от центра Земли, а на полюсе ближе. Так как сила притяжения обратно-пропорциональна квадрату расстояния от центра притя-

жения, то сила тяжести на экваторе должна быть меньше, чем на полюсах. Увеличение расстояния от центра Земли происходит постепенно от полюса к экватору, поэтому теоретически можно вычислить силу тяжести для каждой широты. Теоретическая величина силы тяжести для каждого места называется *нормальной* си-

1687 647

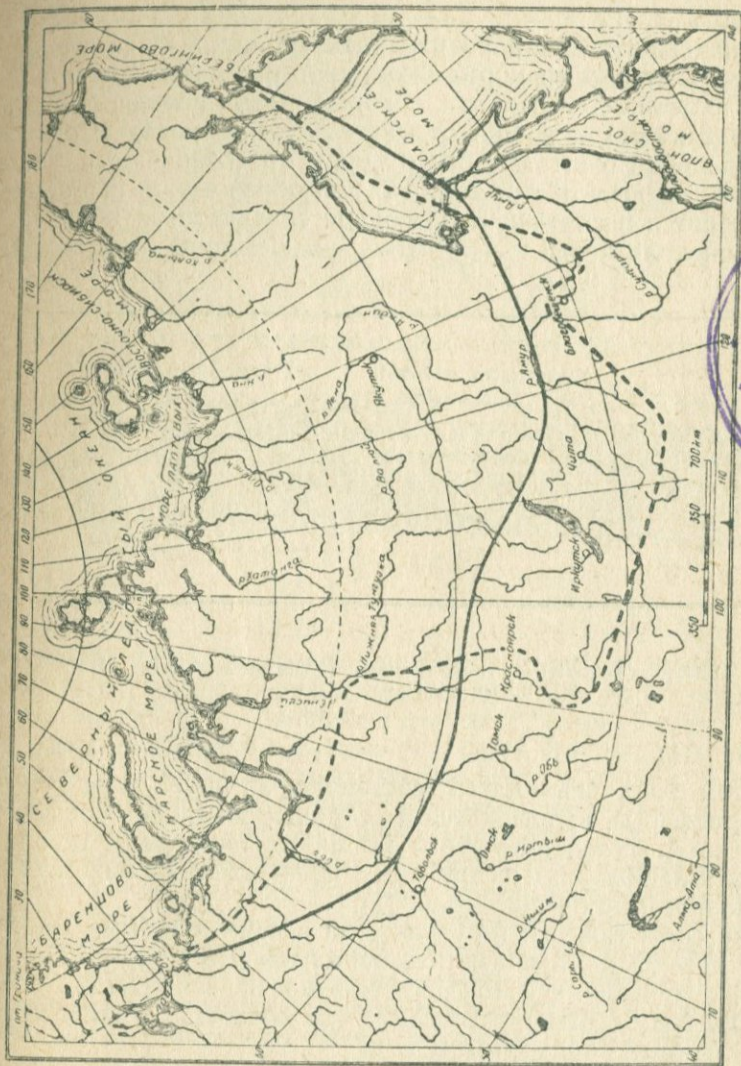
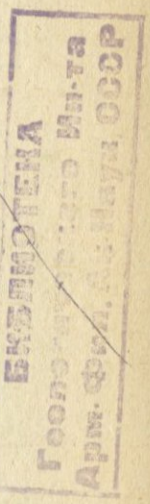


рис. 11. Карта распространения вечной мерзлоты по территории в СССР. Сплошной линией обозначена годовая изотерма — 2° С. Пунктирной линией показана южная граница вечной мерзлоты.



лой тяжести. Не везде, однако, действительная величина силы тяжести совпадает с нормальной. Кроме расстояния от центра, величина притяжения зависит еще и от массы: она прямо пропорциональна произведению масс притягивающих тел. Массы же Земли распределены неравномерно на ее поверхности. Так как масса тела есть произведение плотности на объем его, то при одном и том же объеме сила тяжести будет зависеть от плотности. Наименьшей

плотностью на поверхности Земли обладает вода. Поэтому можно было бы ожидать, что сила тяжести над океанами должна быть меньше нормальной. Но многочисленные точные измерения показали, что сила тяжести над океаном близка к нормальной. Это обстоятельство указывает на то, что под океанами земная кора сложена очень плотными массами, уравнивающими малую плотность океанов.

Измерения силы тяжести на равнинах суши показали увеличение силы тяжести против нормальной, или так называемую *положительную аномалию*, тогда как в горах — уменьшение силы тяжести против нормальной, или *отрицательную аномалию*. Согласно Гейму, уменьшение силы тяжести в горах по сравнению с равнинами и океанами объясняется тем, что при образовании гор земные пласты сминаются в складки и благодаря складчатости образуется перегрузка земной коры и опускание ее. Лежащие под твердой

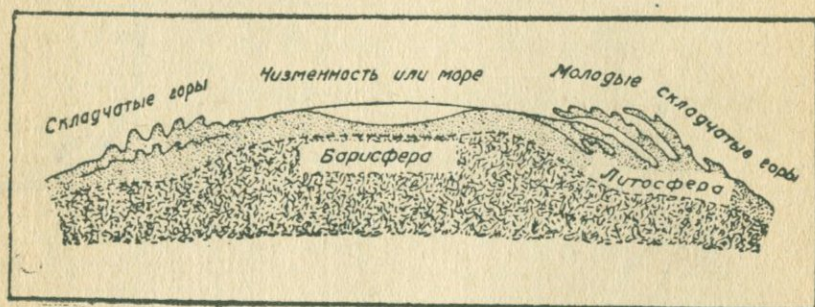


Рис. 12. Происхождение аномалий силы тяжести на земной коре (по Гейму).

земной корой пластичные массы, состоящие из более тяжелого вещества (барисферы), вытесняются в стороны, заменяясь более легкой литосферой. Вследствие этого мощность литосферы под горными областями больше, а в силу этого сила тяжести в них меньше, чем на равнинах и на океанах (рис. 12).

Изучение силы тяжести (крутильными весами, особыми маятниками) дает возможность подметить нахождение в земной коре пустот и тел, отличающихся по своей плотности, залегающих среди других пород небольшими участками, чем пользуются для отыскания руд, нефтяных горизонтов и т. д.

Наука, занимающаяся изучением силы тяжести на земной поверхности, называется *гравиметрией*.

Плотность Земли. Средняя плотность или удельный вес горных пород, слагающих земную поверхность, исчисляется в 2,6—2,8. Но судить по плотности поверхностных пород о плотности всей планеты Земли нельзя, так как мы не знаем, какую плотность имеют вещества, слагающие внутренние части Земли.

Среднюю плотность планеты Земли определяют на основании

закона тяготения. Произведенные таким образом определения дают для средней плотности Земли величину в 5,52. Если принять во внимание, что плотность поверхностных горных пород равна 2,6 и что на Земле существуют громадные пространства, занятые водой с плотностью равной 1, то для получения средней плотности Земли в 5,52 надо допустить существование внутри Земли более плотных и тяжелых веществ, чем те, что мы имеем на поверхности Земли. Эти внутренние части Земли называют барисферой, что по-гречески значит *тяжелая*. Плотность к центру Земли должна возрастать следующим образом:

Плотность на поверхности Земли	2,66
" " глубине 500 м	3,3
" " " 800 "	3,75
" " " 1300 "	5,0
" " " 2500 "	7,4
" " " 5000 "	10,8
" в центре Земли	11,3

В центре Земли вещества должны иметь плотность больше плотности стали.

Параллельно с увеличением плотности увеличивается по направлению к центру и давление, происходящее от суммирования веса всех вышележащих пластов Земли. Если принять плотность поверхностных пород за 2,6—2,8, то давление на 1 кв. см с глубиной увеличивается в следующей последовательности:

на глубине 100 м от поверхности	26— 28 кг
" " 1 км " "	260— 280 "
" " 10 " " "	2600— 2800 "
" " 100 " " "	26000— 28000 "

Если бы Земля была вся сплошь сложена из веществ, равных по плотности поверхностным горным породам, то и тогда в центре ее давление на 1 кв. см равнялось бы 1 779 680 кг, что при переводе на атмосферное давление составило бы давление в 1 800 000 атмосфер. Но так как плотность вещества к центру Земли возрастает, то давление там должно быть значительно больше и по расчетам Аррениуса равняется 3 000 000 атмосфер.

✓ **Магнетизм Земли.** Намагниченная стрелка, подвешенная или насаженная на острие, всюду на земле поворачивается определенным образом: северный конец стрелки обращается к северу, а южный — к югу. Это указывает на то, что Земля обладает магнитными свойствами и может быть уподоблена огромному магниту. Полюса этого магнита не совпадают с географическими полюсами: южный полюс магнита, притягивающий северный конец стрелки, лежит на крайнем севере Северной Америки, а северный — на южном Антарктическом материке.¹

Изучение магнитных сил Земли показывает, что кругом Земли существует магнитное силовое поле, создающееся как бы находящимся в центре Земли очень сильным магнитом — РР (рис. 13) и

¹ Южный магнитный полюс располагается под 70°5'3" сев. широты и 96°43'3" западной долготы, а северный — под 75°6' южной широты и 154°8' восточной долготы.

расположенным под углом к земной оси NS. Исходящие от этого магнита силовые линии выходят из одного полюса и возвращаются в другой (рис. 13). Магнитная стрелка в любом пункте земной поверхности принимает направление, согласное с направлением силовых линий в данной местности.

Линия, проходящая через ось магнитной стрелки, называется *магнитным меридианом*. В силу несовпадения географических полюсов с магнитными полюсами, магнитные меридианы не совпадают с географическими. Угол отклонения магнитного меридиана от географического называется *склонением*. Линии, соединяющие на карте места с одинаковым *склонением*, получили название *изогон*.

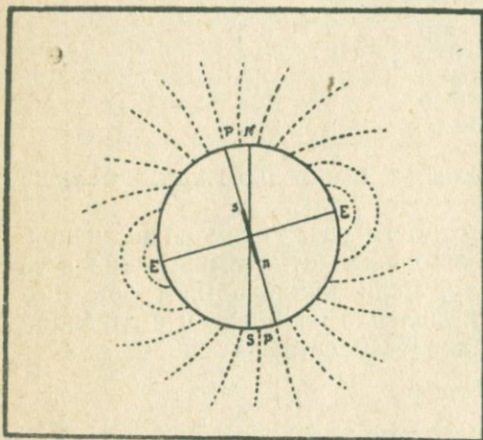


Рис. 13. Магнитное поле земного шара.

N и *S* — географические полюсы земли; *P* и *P'* — приблизительное положение магнитных полюсов земли; *E—E'* — положение магнитного экватора. Пунктиром отмечено направление силовых линий земного поля.

Магнитная стрелка располагается горизонтально только на экваторе, по мере же приближения к полюсам наклоняется к горизонту и в точках магнитных полюсов стоит вертикально. Угол склонения стрелки с горизонтом называется ее *наклоением*. Линии, соединяющие места с одинаковым *наклоением*, называются *изоклиналями*. Изоклираль с *нолевым* наклоением называется *магнитным экватором*.

Последний не совпадает с географическим экватором: в Южной Америке он опускается до 15° южной широты, а в восточной Африке и Южной Азии поднимается до 10° северной широты. Вели-

чины *склонений* и *наклоений* испытывают вековые, годовые и суточные колебания. Кроме правильных суточных или сезонных колебаний магнитных линий иногда наблюдаются внезапные сильные колебания магнитной стрелки, называемые *магнитными бурями*. На картах показываются обычно только средние величины *изогон* и *изоклиналей*.

Кроме *изогон* и *изоклиналей* на картах с показанием земного магнетизма наносят еще *изодинамы* или линии *напряжения* магнетизма. Определяется напряжение магнетизма числом качания стрелки *наклоения*.

Ход магнитных линий в некоторых местах земной поверхности испытывает отклонения в своем направлении, называемые *аномалиями*. Последние вызываются геологическим строением местности, существованием в ней больших сбросов, при которых по линиям сбросов часто граничат породы различного состава, и затем скоплением в земле пород, богатых железом.

Аномалиями пользуются для изучения геологического строения

земной коры и для обнаружения в ней залежей магнитных железных руд.

Очень хорошим примером использования аномалий для последней цели служит курская магнитная аномалия. Она охватывает местность, расположенную в Курской области, и протягивается с северо-запада на юго-восток от гор. Дмитровска через Курск и до юго-западной части Воронежской области. Длина этой полосы — около 250 км, а ширина — около

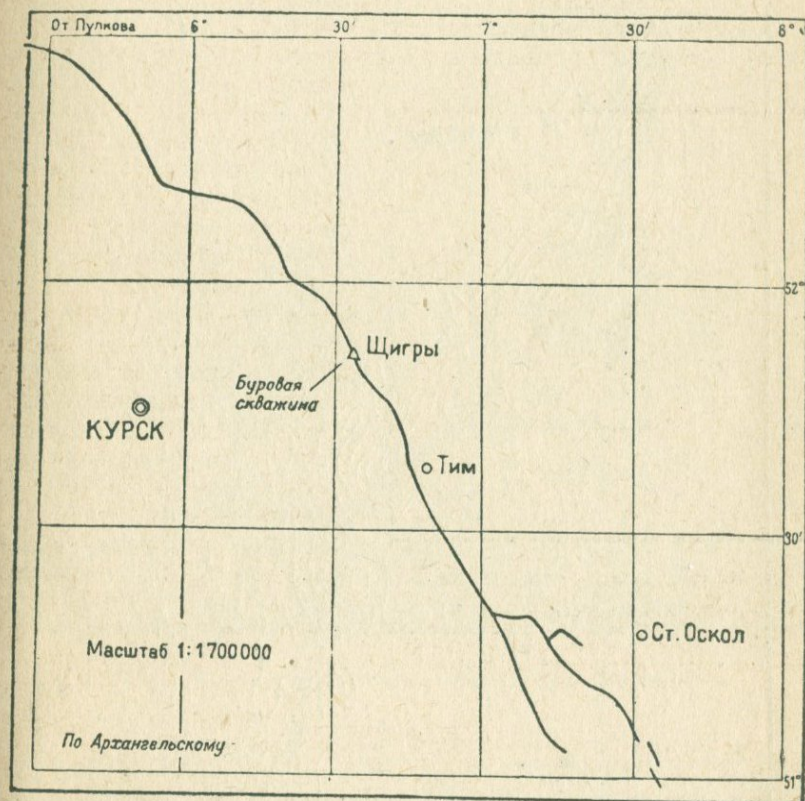


Рис. 14. Северная полоса магнитной аномалии в Курской области.

40 км. Сделанные в этой местности около 10 000 определений магнитных свойств показали, что в ней имеются две полосы особенно сильных аномалий. Одна из них располагается к северу от гор. Курска (рис. 14), другая — к югу. Имея ширину в 2—5 км, они протягиваются почти без перерыва на сотни километров. Магнитная стрелка в области их стоит почти вертикально. Изогоны, вместо того чтобы идти на равном расстоянии друг от друга с севера на юг, как это наблюдается в местностях с отсутствием аномалий, в области Курской аномалии очень сближены и тянутся с северо-запада на юго-восток. Местами изогоны образуют замкнутые кривые, заключая местности с максимальным склонением (рис. 15).

Такой ход магнитных кривых дал основание проф. Лейсту еще в конце прошлого столетия сделать заключение о нахождении в бывшей Курской губернии на небольшой сравнительно глубине мощных залежей магнитного

железняк, которые по своим размерам должны превосходить все известные скопления этого материала.

Заключение Лейста было блестяще подтверждено буровыми скважинами и глубокой шахтой, заложенными здесь в послереволюционное время для изучения курской магнитной аномалии. На глубине от 150 до 280 м здесь были открыты огромные залежи магнитного железняка в виде различной величины прослоек в кварците.

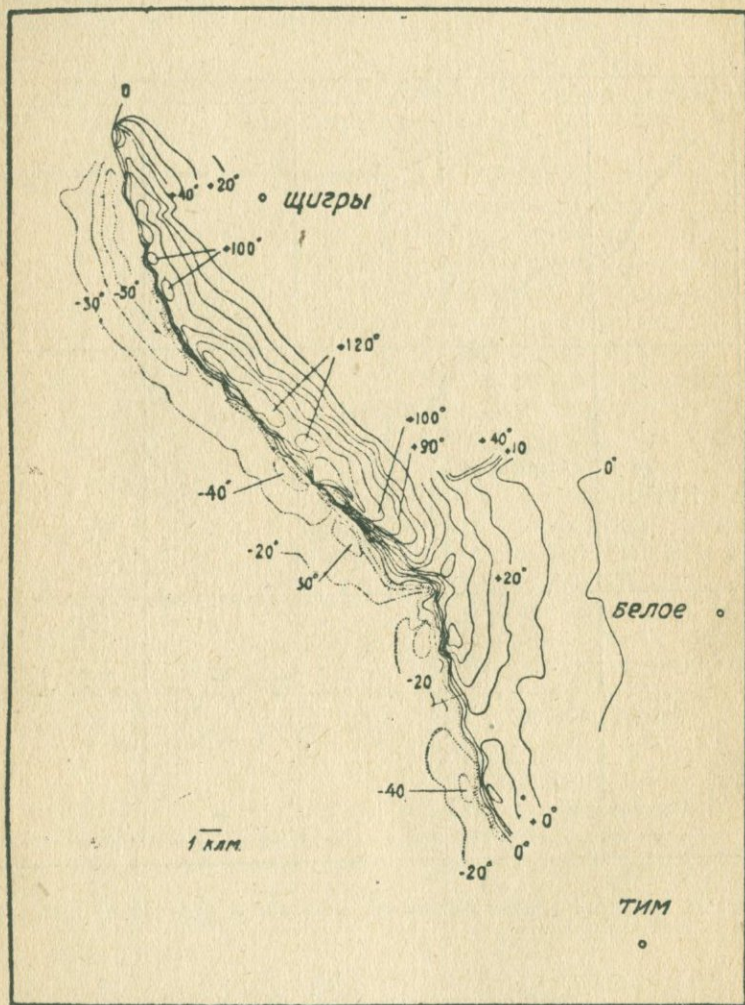


Рис. 15. Карта изогон Шигровского района курской магнитной аномалии.

Магнитными бурями пользуются для предсказания землетрясений, так как между этими двумя явлениями существует последовательная связь. Магнитные бури, как это подмечено японскими геологами, происходят приблизительно за сутки перед наступлением землетрясения.

III. КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ЗЕМНАЯ КОРА

1. Понятие о минерале, кристаллическом и аморфном состояниях тел

К северо-западу от г. Ленинграда лежит плоско-волнистая страна — Финляндия. Она отличается от соседних с ней местностей Русской равнины тем, что из-под тонкого слоя наносных песков и

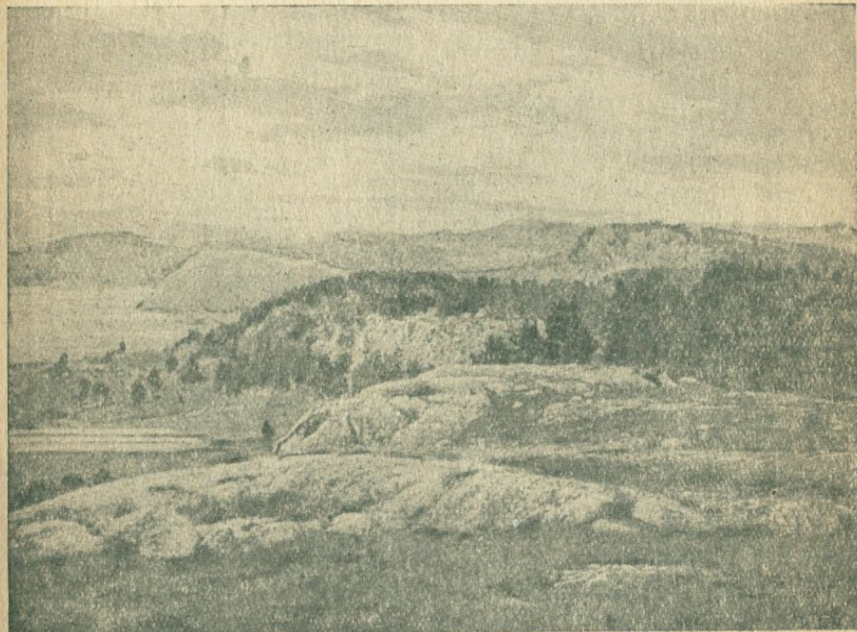


Рис. 16. Кристаллическая земная кора в Финляндии.

глин в ней очень часто выходят на поверхность оглаженные и закругленные скалы из твердых коренных горных пород: гранитов, гнейсов и кристаллических сланцев (рис. 16). В большей части Русской равнины такие горные породы не встречаются вовсе, или они скрыты под толщей других пород и обнаруживаются лишь глубокими буровыми скважинами.

Если снять с поверхности Финляндии тонкий слой песчаных и глинистых наносов, то окажется, что весь остов Финляндии представляет сплошную скалу из гранита, гнейса и кристаллических сланцев.

Присматриваясь к этим породам, мы без труда отыщем в них маленькие пустоты — пещерки, усаженные по стенкам многогранниками геометрически правильной формы с гладкими, как бы отполированными гранями (рис. 17). Величина и форма многогранников очень различны: одни из них имеют форму пластинок, другие — призм, пирамид и т. д.; размеры их колеблются от еле заметных

для прстого глаза и до 1 м и более в исключительных случаях. Такого рода образования называются *кристаллическими минералами*.

Под именем минерала подразумевается всякое встречающееся в земной коре однородное природное тело. Таким образом минералами будут и встречающиеся среди гранита правильные многогранники различных минералов, и идущая на приготовление фарфоровой посуды белая глина, или каолин, и жидкие нефть и вода.

Соответственно своему физическому состоянию минералы подразделяются на жидкие и твердые; последние в свою очередь распадаются на кристаллические и некристаллические, или аморф-



Рис. 17. Щетка кристаллов кварца.

ные. Кристаллические минералы отличаются от аморфных по своей внешней форме и физическим свойствам. *Кристаллы обладают геометрически правильной внешней формой, чего нет у тел аморфных*. Точно так же кристаллические тела отличаются от аморфных и по своим физическим свойствам.

Физические свойства у аморфных тел одинаковы во всех направлениях, а у тел кристаллических они в различных направлениях различны. В силу этого аморфные тела называются *изотропными*, т. е. равносвойственными, а тела кристаллические — *анизотропными*, или разносвойственными. Эта особенность тел кристаллических дает возможность отличить их по физическим свойствам от тел аморфных даже в том случае, если мы имеем осколок кристалла или же скопление кристаллов, не имеющих правильных геометрических форм в силу условий своего роста, как это наблюдается в кристаллических горных породах.

2. Главнейшие минералы кристаллической оболочки коры

Главнейшие минералы, встречающиеся в кристаллической оболочке земной коры, можно разбить на 5 больших групп, или классов:

- I. Самородные элементы.
- II. Сернистые соединения.
- III. Окислы.
- IV. Соли кислородных кислот.
- V. Галоидные соединения.

I. Самородные элементы. К классу самородных элементов относятся минералы, состоящие из одного какого-нибудь химического элемента, как например: золото, серебро, алмаз, графит и т. п. Но самородные элементы, очень ценные в жизни народов, употребляющих их как украшения, в качестве денег или для технических надобностей, в строении земной коры большой роли не играют и встречаются редко.

Гораздо большее распространение в кристаллической коре имеют другие классы минералов.

II. Сернистые соединения. Соединения этого класса очень близки по своему строению к соединениям следующего класса — окислам. Подобно тому, как имеется несколько степеней окисления металлов, существует несколько степеней соединения последних с серой.

Известны например соединения типов:

R_2S — серебряный блеск Ag_2S , халькозин Cu_2S .

RS — свинцовый блеск PbS , цинковая обманка ZnS .

R_2S_3 — сурьмяный блеск Sb_2S_3 .

RS_2 — пирит FeS_2 , халькопирит $CuFeS_2$.

Серебряный блеск или **аргентит** Ag_2S является одной из главных серебряных руд. Кристаллизуется в виде комбинации октаэдра и куба. Твердость ¹ 2—2,5; удельный вес от 7 до 7,4. Цвет — черно-серый; непрозрачен, ковкий, легко режется и плющится; растворяется в крепкой азотной кислоте с выделением серы. В СССР встречается на Алтае, Урале, в Нерчинском округе.

Свинцовый блеск или **галенит** PbS . Кристаллизуется в виде куба или комбинации куба и октаэдра. Цвет — свинцово-серый, непрозрачен, черта — серовато-серая, блеск — металлический. Обладает

¹ *Твердостью* минералов называют то сопротивление, которое минерал оказывает надавливающему на него острию. В качестве острия может быть применен любой предмет с острым краем — нож, игла или осколок минерала. Из двух предметов более твердым будет тот, который чертит другой. Наш ноготь чертит минерал гипс, но не чертит известкового шпата; следовательно, наш ноготь тверже гипса и мягче известкового шпата. Чтобы можно было обозначать твердость минералов, было выбрано 10 минералов с постепенно увеличивающейся твердостью, которые и были приняты за образец для сравнения с ними твердости других минералов. Эти минералы, составляющие так называемую шкалу твердости, следующие: 1 — тальк, 2 — гипс, 3 — известковый шпат, 4 — плавленый шпат, 5 — апатит, 6 — полевой шпат, 7 — кварц, 8 — топаз, 9 — корунд, 10 — алмаз. Такая шкала твердости, по имени ее изобретателя, называется шкалой Мооса.

очень совершенной спайностью.¹ Твердость 2,5; удельный вес от 7,3 до 7,6. В азотной кислоте растворяется. Распространенная свинцовая руда. Добывается у нас на Урале и Кавказе, на Алтае, в Киргизской степи и в Нерчинском районе Восточной Сибири.

Цинковая обманка ZnS . Обыкновенно представляет зернистые, тонко-волокнистые или плотные массы. Реже встречается в виде кристаллов правильной системы. В последнем случае обладает весьма совершенной спайностью. Цвет изменчивый: бурый, желтый, реже красный. Блеск — жирный или алмазный; прозрачность различная; черта — желтая или коричневая. Твердость 3,5—4; удельный вес 3,9—4,2. Растворяется в азотной и соляной кислотах. Руда, из которой добывается цинк. В СССР встречается на Кавказе, на Алтае, на Украине и на Кольском полуострове.

Медный блеск или **халькозин** CuS . Чаше всего встречается в виде плотных масс или же вкрапленным среди других минералов, реже в виде кристаллов ромбической системы. Цвет — черновато-стально-серый; черта — стально-серая; непрозрачен. Твердость 2,5—3; удельный вес от 5,5 до 5,8. Растворяется в азотной кислоте с выделением серы. Одна из важных медных руд. Разрабатывается у нас в Киргизской степи и на Урале.

Медный колчедан или **халькопирит** $CuFeS_2$. Обыкновенно встречается в виде плотных масс, но нередко и в виде хорошо образованных кристаллов квадратной системы. Цвет — латуно-желтый, иногда с пестрой побежалостью; блеск — металлический; черта — зеленовато-черная. Твердость 3,5—4; удельный вес 4,1—4,3. В азотной кислоте растворяется с выделением серы. Очень распространенная медная руда. Большая часть меди, поступающая в промышленность, извлекается из этой руды. В СССР встречается во многих местностях. Главные из них Урал, Кавказ и Казахстан.

Пирит иначе называется **серным** или **железным колчеданом** FeS_2 . Цвет — желтый, блеск — металлический, с занозистым изломом. Твердость 6—6,5; удельный вес 4,9—5,2. Непрозрачен даже в тонких пластинках. Разлагается азотной кислотой, соляная кислота почти не действует. При нагревании выделяет сернистый газ. Встречается в форме куба или пентагонального додекаэдра. Но чаще, чем

¹ Многие минералы при раскалывании их разламываются по двум или нескольким направлениям ровными плоскостями. Способность кристалла раскалываться ровными плоскостями называется *спайностью*, а плоскости раскола — *плоскостями спайности*. Плоскости спайности всегда располагаются параллельно граням кристалла. Плоскости спайности у различных минералов неодинаково совершенны: у одних раскол совершается легко и плоскости спайности очень ровны и как бы отполированы, у других — раскол совершается труднее и спайные плоскости неровны. Различают несколько степеней спайности: *весьма совершенная* спайность наблюдается у слюды и гипса, спайные плоскости которых гладки и блестящи; *совершенная* — как у известкового шпата, плоскости которого хотя ровны и гладки, но получаются уже не с такой легкостью, как в слюде или гипсе; *довольно совершенная* спайность — как у тяжелого шпата, где плоскости спайности имеют нередко ступенчатый вид; *несовершенная* спайность — когда плоскости отбиваются с трудом, неблестящи и имеют ровную поверхность только местами, как это наблюдается например у апатита. Иногда в минералах имеются только *следы спайности*, например в турмалине.

в правильно-кристаллической форме, серный колчедан встречается в почковидных или зернистых массах, образуя местами большие скопления. Наиболее значительные месторождения пирита разрабатываются в целях добычи из него серной кислоты. Больше всего пирита добывается в Испании. В СССР значительные месторождения встречаются на Урале и Кавказе.

III. Окислы. Наиболее распространенным в кристаллической земной коре минералом из этого класса является кварц. В древности кварц считался окаменевшим льдом, превратившимся в твердый камень-кристалл от продолжительного действия холода в высоких горных областях: отсюда и пошло название всех правильно ограненных минералов — кристаллы.¹

По внешней форме кварц имеет вид удлиненных шестигранных призм, прикрытых сверху и снизу шестигранными пирамидами. Отличить призматические плоскости от пирамидальных легко даже в том случае, когда мы имеем неполный кристалл; призматические плоскости покрыты горизонтальными штрихами, а плоскости пирамид совершенно гладки, как бы отполированы.

По химическому составу кварц является окислом кремния — SiO_2 ; в кислотах, кроме фтористоводородной, не растворяется; обладает большой твердостью — 7 и небольшим удельным весом — 2,6.

Собственно кварцем называется бело-молочная или мутно-бесцветная разновидность этого минерала. Совершенно прозрачный кристаллический окисел кремния называется *горным хрусталем*. Разности кварца, окрашенные органическим веществом в дымчатый цвет, носят название *горного дымчатого хрусталя*, или *раухтопаза*; фиолетовый кварц называется *аметистом*.

Железный блеск. По химическому составу представляет окись железа Fe_2O_3 . Встречается в виде сплошных масс и в форме кристаллов ромбоэдров или тонких табличек, иногда даже в виде тонких листочков, называемых *железной слюдой*.

Цвет кристаллов — железно-черный или стально-серый; блеск — металлический, почти алмазный, излом раковистый; твердость 6—7; удельный вес 5,2. Черта на фарфоровой пластинке — вишнево-красная.

Встречается в горных породах в рассеянном виде среди других минералов. В некоторых случаях скопляется в сплошные жилы, линзы и гнезда, образуя *железную руду*, из которой добывается путем выплавки железа.

Плотные скрыто-кристаллические массы окиси железа за свой красноватый цвет называются *красным железняком*, который образует большие залежи и является одной из распространенных железных руд.

В СССР залежи железного блеска и красного железняка имеются на Урале, но особенно богатые месторождения этих руд находятся около Кривого Рога в Херсонщине и Днепропетровщине.

Магнитный железняк. Минерал черного цвета, непрозрачный даже в тонких пластинках, со слабым металлическим блеском,

¹ Кристалλος по-гречески значит — лед.

очень тяжелый: удельный вес его — от 4,9 до 5,2; обладает значительной твердостью; твердость магнитного железняка 5,5—6; при расколе дает раковистый излом. В правильной ограненной форме

имеет вид октаэдров, но в ограненном виде встречается редко, гораздо же чаще имеет форму зерен, зернистых масс и скопленных неправильной формы.

В физическом отношении замечателен сильным магнетизмом, т. е. притягивается магнитом и заставляет двигаться намагниченную стрелку. В некоторых случаях магнитные свойства в этом минерале настолько сильно выражены, что он сам может быть магнитом и притягивает железные опилки, иголки, гвозди и т. п. (рис. 18).

С химической стороны магнитный железняк является соединением закиси и окиси железа: $FeO \cdot Fe_2O_3$. В соляной кислоте порошок магнитного железняка при нагревании растворяется. Перед паяльной трубкой плавится трудно. На фарфоровой пластинке оставляет черную черту. Встречается или в виде рассеянных зерен в изверженных горных породах, или скопляется в линзы, пласты и жилы большой мощности. В последних случаях магнитный железняк представляет очень выгодную для разработки руду.

В СССР огромные запасы магнитного железняка находятся в горах

Урала: Высокой, Благодати, Магнитной и Качканар.

IV. Соли кислородных кислот. Из этого класса минералов наиболее распространенными являются: соли кремневых кислот, или силикаты, соли фосфорной кислоты, или фосфаты, и соли титановой и хромистой кислот.

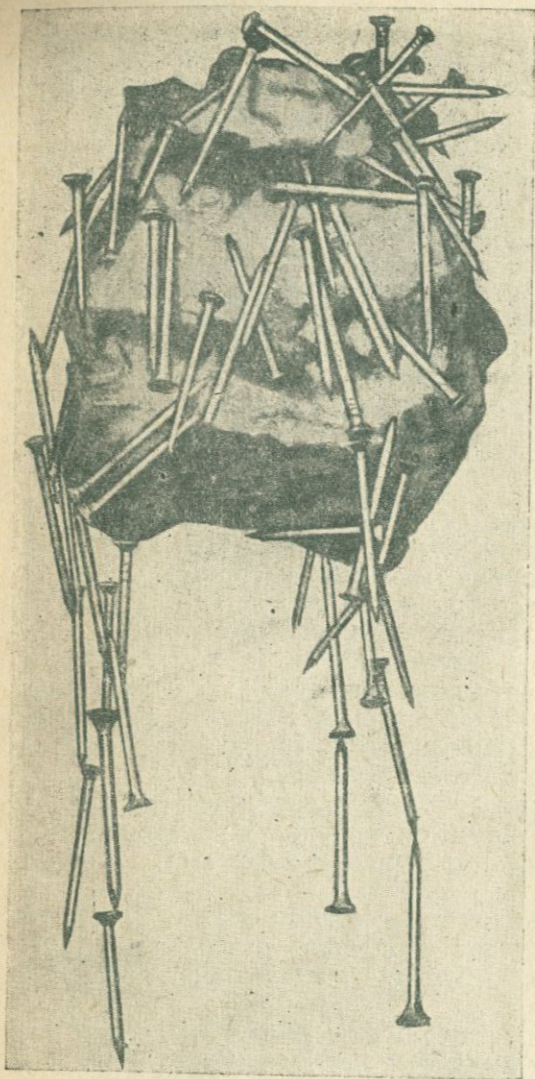
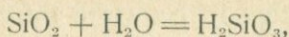
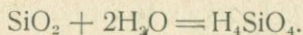


Рис. 18. Кусок магнитного железняка, притягивающий гвозди.

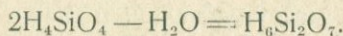
А. *Силикаты*. Окисел кремния, соединяясь с одной частицей воды, дает метакремневую кислоту:



соединяясь с двумя частицами воды, — ортокремневую кислоту:



Метакремневая и ортокремневая кислоты способны к полимерии, т. е. к соединению по несколько частиц между собой через выделение из них воды, например:



Получающиеся таким образом сложные кремневые кислоты называются поликремневыми кислотами. Кремневые кислоты, соединяясь с основаниями, образуют силикаты.

Из силикатов наиболее распространенными являются полевые шпаты, слюды, хлориты, тальк, пироксены, амфиболы, гранаты и оливин. В группу полевых шпатов входят ортоклаз и плагиоклазы.

Ортоклаз бывает окрашен в белый, серый, красноватый, желтоватый и зеленоватый цвета. В больших кусках обыкновенно непрозрачен, в тонких шлифах просвечивает почти так же, как стекло. Очень часто в силу разложения мутноват. При ударе, благодаря спайности, распадается на параллелепипедальные кусочки.

Твердость ортоклаза 6; удельный вес 2,5—2,6.

По химическому составу ортоклаз является калиевой солью алюмокремневой кислоты — KAlSi_3O_8 .

Зеленой разновидности ортоклаза дают название *амазонского камня*, а совершенно прозрачный, как стекло, ортоклаз называется *адуляром*.

Плагиоклазы. Входящие в эту группу полевые шпаты по химическому составу представляют соли той же алюмокремневой кислоты, что и ортоклаз, с той только разницей, что в качестве основания в этих слоях служит не калий, а натрий или кальций. Плагиоклаз, в который в качестве основания входит натрий, носит название *альбита*.

По внешней форме правильно образованные кристаллы альбита несколько напоминают кристаллы ортоклаза; точно так же, как у ортоклаза, у альбита наблюдаются две совершенные спайности, но угол между ними несколько отклоняется от прямого угла.

Цвет кристаллов альбита большей частью белый, отчего они и получили свое название; но нередко встречаются альбиты розоватые, красноватые и желтые. Блеск — стеклянный; твердость 6—6,5; удельный вес 2,62—2,65. Соляная кислота действует очень слабо.

Плагиоклаз, в который в качестве основания входит кальций, называется *анортитом*. Твердость 6; удельный вес 2,75. Цвет анортита — желтоватый, красноватый, сероватый или белый; в тонких пластинках просвечивает, блеск — стеклянный. Соляной кислотой медленно разлагается.

Кроме альбита и анортита, встречаются еще плагиоклазы, у которых в качестве оснований входит Na и Ca вместе. Такие плагио-

клазы называются известково-натровыми; примером их может служить *лабрадор*. Последний окрашен обычно в темносерый цвет и часто обладает красивым синевато-фиолетовым отливом. По физическим свойствам лабрадор занимает промежуточное положение между альбитом и анортитом.

Нефелин. Химический состав нефелина может быть выражен формулой $2(\text{NaAlSiO}_4)$. Но почти всегда в нем есть еще примесь K, Ca, Cl и H_2O . Кристаллизуется в гексагональной системе. Окрашен в розоватый или мясо-красный цвет. В тонких пластинках — прозрачный. Спайности не имеет. Соляной кислотой разлагается, образуя студенистую массу. Удельный вес 2,58—2,64; твердость 5,5—6.

Слюды. В гранитах вместе с кварцем и полевым шпатом часто встречается еще один минерал — *слюда*, отличающийся способностью раскалываться по спайности на весьма тонкие листочки с блестящей как бы отполированной поверхностью. У слюды эта спайность выражена в наиболее совершенной степени. По химическому составу и физическим признакам различают несколько разновидностей слюды. Все слюды имеют твердость от 2 до 3, удельный вес 2,7—3,1.

Мусковит, или калиевая *слюда*, имеет состав $\text{H}_2\text{KA}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$. Окрашена в светлый цвет; прозрачна настолько, что до изобретения стекла употреблялась для вставки в окна. В кислотах не разлагается.

Биотит, или магнезиальная *слюда*, по химическому составу представляет смесь того же состава, что и мусковит, с силикатом $3(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$. От присутствия железа биотит окрашен в темные цвета: темнозеленый или темнобурый; разлагается от действия крепкой серной кислоты.

Хлорит и *тальк*. Оба эти минерала обладают, как и слюды, способностью раскалываться на весьма тонкие листочки с блестящей поверхностью. От слюд отличаются отсутствием свойства упругости: будучи согнутыми, уже более не выпрямляются. Хлорит по химическому составу представляет сложный магнезиально-глиноземистый силикат с присутствием воды. Цвет хлорита — зеленый; твердость 2—3, удельный вес 2,6—2,9.

Тальк по химическому составу является кислой солью учетверенной метакремневой кислоты $4(\text{H}_2\text{SiO}_3)$, в которой 6 атомов водорода замещены тремя атомами магния $\text{H}_2\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$. Тальк окрашен в беловато-зеленый или серебристый цвет; встречается в виде чешуек с жирным блеском. Очень трудно плавится; твердость его 1, удельный вес 2,7.

Пироксены. Пироксены распадаются на много разновидностей. По химическому составу они разнообразны; все они являются солями метакремневой кислоты — H_2SiO_3 , водород которой в них замещается Fe, Mg, Ca; кроме того некоторые пироксены содержат Al, а в некоторых присутствуют щелочи. Сообразно с химическим составом, пироксены делятся на безглиноземистые, глиноземистые и щелочные.

Кристаллы пироксенов имеют таблитчатую или короткостолбчатую форму. Окраска минералов темнозеленая, темнобурая и

черная. Блеск — стеклянный. Твердость 5,5—6; удельный вес 2,9—3,5.

Наиболее часто встречающимся минералом из группы пироксена является *авгит*.

Амфиболы. Амфиболы во многих отношениях сходны с пироксенами. По химическому составу среди них также можно различить безглиноземистые, глиноземистые и щелочные. Отличие от пироксенов заключается в строении частицы амфиболов. Так например, в состав диопсида из группы пироксенов поровну входят две соли метакремневой кислоты: CaSiO_3 и MgSiO_3 . У минерала *тремолита*, из группы амфиболов, состоящего также из смеси тех же солей, отношение между последними иное: на 1 часть CaSiO_3 приходится 3 части MgSiO_3 .

По форме амфиболы образуют короткостолбчатые кристаллы зеленоватого и черного цвета или же лучистые и волокнистые агрегаты.

Наиболее часто встречающийся из амфиболов называется *роговой обманкой*.

Оливин. Свое название оливин получил от оливкового цвета, свойственного этому минералу. Наиболее чистые и прозрачные разновидности издревле известны в качестве драгоценного камня — *хризолита*. Блеск — стеклянный. Полнообразованные кристаллы имеют вид толстых таблиц или коротких столбчатых кристаллов.

Химическая формула: $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$. Твердость 6—7; удельный вес 3,2—3,6.

В кислотах при нагревании разлагается с выделением кремнекислоты. Легко выветривается (рис. 19).

Серпентин или *змеевик* имеет форму листоватых, шестоватых или волокнистых кристаллов, иногда в виде плотных масс, в которых под микроскопом обнаруживается тонковолокнистое строение. Твердость от 3 до 4; удельный вес 2,7—2,8. Цвет светло- или темно-зеленый, иногда желтый или бурый. Химический состав — $\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9$; с HCl и H_2SO_4 измельченный разлагается. Тонковолокнистые разновидности называются *асбестом*.

Гранаты. В гранатах частица ортокремневой кислоты входит в утроенном количестве $3(\text{H}_4\text{SiO}_4)$. Общая формула гранатов: $\overset{II}{R}_3\overset{II}{R}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, где под $\overset{II}{R}$ могут быть Ca , Mg , Fe , Mn , а под $\overset{III}{R}$ — Fe , Al , Cr . В зависимости от того или другого основания гранаты имеют различную окраску, различный удельный вес и другие физические признаки. По различию состава и физическим свойствам гранаты делятся на много разновидностей. Так например кроваво-красный гранат, в который в качестве оснований входят железо и алюминий, называется *альмандином* или *благородным гранатом* (идет на украшения); бесцветный, желтовато-зеленоватый или бурый гранат, с основанием из Ca и Al , называется *гроссуляром* и т. д.

Чаще всего гранаты наблюдаются в форме ромбического доде-

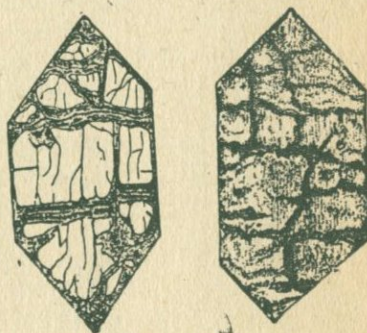


Рис. 19. Выветривающиеся кристаллы оливина.

каэдра и икоситетраэдра. Спайности в гранатах нет. Излом раковистый. Твердость от 6,5 до 7,5; удельный вес от 3,15 до 4,3. После прокаливания разлагается соляной кислотой с выделением студенистой кремневой кислоты.

Б. Фосфаты. Из группы фосфатов наиболее распространенным минералом служит *апатит*.

Апатит (F, Cl) $\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{12}$ — является солью фосфорной кислоты; кроме того, в его составе встречается еще F и Cl. Общий вид кристаллов — призматически-столбчатый. Окрашен различно: в желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, красный и коричневый цвета. Просвечивает, а в тонких пластинках прозрачен; блеск — стеклянный до жирного; твердость 5; удельный вес 3,1—3,2. Легко растворяется в соляной и азотной кислотах.

Апатит является очень ценным минералом для растительного и животного царств, так как он служит главным источником фосфора, необходимого для жизни растений и животных на земной поверхности. У нас крупнейшие месторождения апатита мирового значения имеются в Хибинах.

В. Соли титановой и хромистой кислот. *Ильменит* FeTiO_3 — является солью титановой кислоты. Кристаллизуется в гексагональной системе. Цвет — железно-черный; черта — черная или коричневая. Твердость 5—6; удельный вес 4,3—4,9. Хорошая железная руда, из которой кроме железа добывается еще и окисел титана.

В СССР встречается чаще всего на Урале в Ильменских горах, откуда и получил свое название.

Хромит или *хромистый железняк* FeCr_2O_4 — железистая соль хромистой кислоты. Встречается в виде зерен и плотных зернистых масс. Цвет — буро-черный; черта — бурая; блеск — полуметаллический до жирного. Твердость 5,5; удельный вес 4,4—4,5. Железная руда, дающая кроме железа хром.

В СССР большие месторождения хромита находятся в Среднем и Южном Урале.

У. Галоидные соединения. Представителем класса галоидных соединений может служить минерал *плавиковый шпат* или *флюорит*.

Плавиковый шпат является кальциевой солью фтористо-водородной кислоты — CaF_2 . Нередко встречается в виде хорошо образованных кристаллов куба и октаэдра или того и другого вместе; обладает совершенной спайностью. Чаще попадает мелкими зернами в рассеянном виде среди других минералов в горных породах и изредка скопляется в значительных сплошных зернистых массах.

Окраска плавикового шпата очень разнообразна; чаще всего встречаются светлые цвета: желтый, голубой, розовый, зеленый, фиолетовый или водянисто-бесцветный. При нагревании в большинстве случаев цвет минерала меняется, и кроме того минерал начинает светиться, особенно если поместить его в темную комнату. Такая способность к свечению называется *фосфоресценцией*.

Твердость 4; удельный вес 3,1—3,2. При действии серной кислоты растворяется с выделением фтористого водорода — HF , который разъедает стекло.

3. Горные породы кристаллической коры

Минералы, группируясь в определенных соотношениях, слагают кристаллические горные породы. Благодаря этому минералогический состав каждой кристаллической горной породы остается более или менее постоянным и горные породы отличаются одна от другой. Среди горных пород, слагающих каменный остов Финляндии, можно различить две группы: магматические интрузивные породы и кристаллические сланцы.

Магма. Материнским веществом всех минералов и горных пород кристаллической коры является магма — расплавленная масса внутренней части нашей планеты. Многие геологи рассматривают магму как остаток от прежнего общего расплавленного жидкого состояния Земли. Некоторые же геологи утверждают (что не лишено оснований), что магма образуется во внутренних частях Земли за счет расплавления пород от уменьшения давления, через действие радиоактивных веществ и т. д.

Постепенно охлаждаясь, магма застывала в твердые горные породы, которые одели земной шар сплошной каменной оболочкой. Но, застыв с поверхности, магма сохранила свою высокую температуру в глубине земли под покровом плохо проводящих теплоту твердых горных пород. Судя по составу образовавшихся из магмы горных пород, она состоит из химических соединений кремнезема с окислами: щелочными — Na_2O , K_2O , щелочно-земельными — CaO , MgO и полуторными — Fe_2O_3 , Al_2O_3 . Кроме того в магме находятся и все другие встречающиеся на земле химические элементы, но в очень малых количествах по сравнению с вышеназванными элементами.

Различные химические соединения в магме не просто расплавлены, а растворены одни в других. Сложные магматические растворы находятся в равновесии только до тех пор, пока физико-химические условия магмы остаются неизменными. Как только происходит нарушение физико-химических условий (в силу ли продолжающегося охлаждения земной коры или изменения давления), тотчас же происходит дифференциация магмы или распадение сложных растворов на более простые. Прежде всего магма расщепляется на более кислую — богатую SiO_2 и щелочами Na_2O , K_2O , и основную — бедную SiO_2 и с преобладанием щелочно-земельных и полуторных окислов. Дальнейшее застывание магмы приводит к расщеплению ее на еще более простые соединения. Так например основная магма при дальнейшем остывании отщепляет от себя рудные соли: $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ — магнитный железняк, FeTiO_3 — ильменит и $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ — хромит.

Таким образом из застывающей магмы, путем дифференциации ее, возникают различные минералы, горные породы и руды.

Другим процессом, приводящим к образованию разных изверженных пород, является ассимиляция магмой пород, слагающих земные пласты, в которые происходило внедрение магмы. При своем движении из недр Земли в область твердой земной коры магма проплавляла себе дорогу и вбирала в себя расплавленный материал. Состав магмы при этом изменялся и усложнялся, что является процессом противоположным дифференциации. образо-

вавшиеся при остывании такой смешанной магмы горные породы имеют другой химический и литологический состав, чем горные породы — производные от первоначальной магмы.

Интрузивные породы. Породы, принадлежащие к этой группе, состоят из зерен кристаллических минералов, располагающихся в породе без определенного направления. Такое сложение минералов в породе называется *кристаллически-зернистой структурой*. Так как последняя лучше всего выражена у гранитов, то нередко такую структуру называют *гранитной структурой* (рис. 20). Породы, обладающие кристаллически-зернистой структурой, залегают в форме массивов среди других пород, причем соприкасающиеся с ними в месте соприкосновения, или *контакта*, породы несут на себе следы воздействия высокой температуры в виде изменения минерального состава и проникновения в них пород с гранитной структурой в виде жил. С другой стороны нередко соприкасающиеся породы в виде глыб и обломков встречаются включенными в массу породы с гранитной структурой; такого рода включения называются *отторженцами*. Отторженцы также несут на себе следы оплавленности и изменения под влиянием высокой температуры. Все это указывает на то, что породы с гранитной структурой — магматического происхождения; но, в отличие от вулканических изверженных пород, извержение пород с гранитной структурой совершалось не на дневной поверхности, а на большой глубине: расплавленная огненно-жидкая масса под очень большим давлением втор-

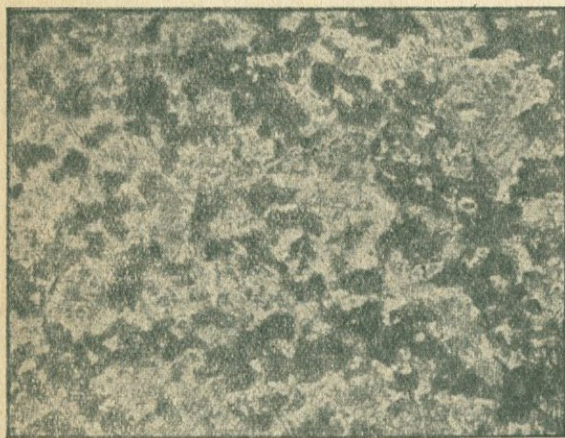


Рис. 20. Кристаллически-зернистая структура в граните.

глась среди земных пластов, расплавляла и раздвигала их или же занимала пустоты среди них, и затем медленно и постепенно застывала, превращаясь в кристаллические минералы. Такого рода подземным извержениям дают название *интрузии*, и возникающие таким путем породы называются *интрузивными* породами в отличие от изверженных пород, застывающих на дневной поверхности земли называемых *эффузивными*

породами (рис. 21). По причине образования интрузивных пород на большой глубине им дают еще название *глубинных* пород.

Примеры интрузивных пород. Наиболее распространенной изверженной глубинной породой является гранит. Он состоит в основном из трех минералов: кварца, ортоклаза, слюды; почти всегда примешивается еще плагиоклаз. Если слюда в граните светлая — мусковит, то тогда гранит называется *мусковитовым*, если тем-

ная — биотит, то гранит получает название **биотитового**; в случае присутствия той и другой слюды вместе получается **двуслюдистый гранит**; в некоторых местностях встречается гранит, в котором слюда полностью или отчасти заменяется роговой обманкой — такому граниту дают название **роговообманкового гранита**.

Сиенит — порода кристаллически-зернистой структуры, состоящая из ортоклаза, слюды и роговой обманки. Нередко примешивается еще плагиоклаз. Окраска породы также светлая, различных тонов: сероватая, желтоватая, красноватая; распространен несколько менее, чем гранит.

Нефелиновым сиенитом называется порода, в которой наряду

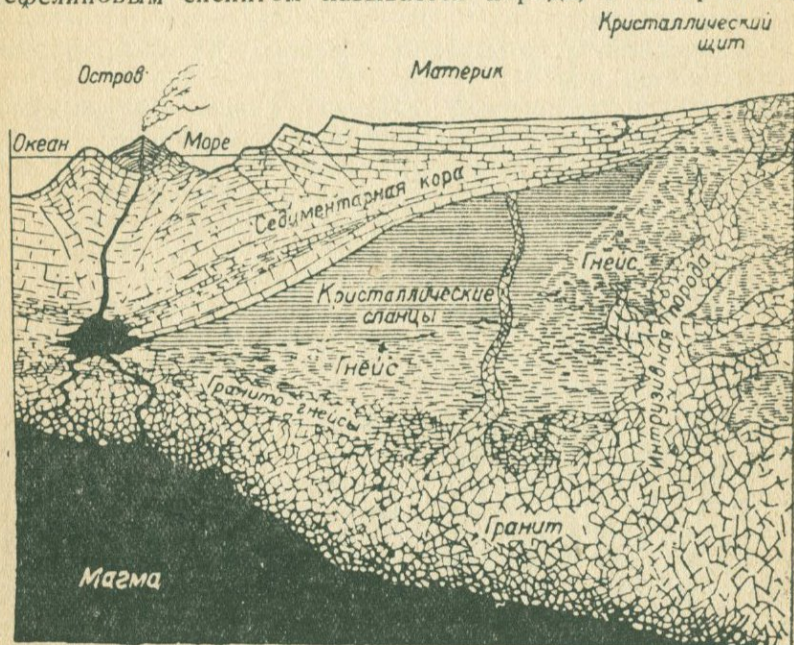


Рис. 21. Схема строения земной коры.

со щелочными полевыми шпатами присутствует нефелин; кроме этих минералов, как и в обыкновенном сиените, еще встречаются биотит и минералы из групп амфибола и пироксена. Обычно порода крупнозернистая. Встречается на Кольском полуострове, на Урале, в Сибири, на Сахалине и в других местах.

Диорит — кристаллически-зернистая порода, состоящая из плагиоклаза, роговой обманки с присутствием магнитного железняка. Если присутствует кварц, то тогда порода называется **кварцевым диоритом**. Окрашен в темные цвета — темнозеленоватый или темносерый.

Габбро — кристаллическая порода темносерого, темнозеленого или почти черного цвета. Состоит из плагиоклаза, пироксена и магнитного железняка.

Габбро, в составе которого встречается еще и оливин, называется **оливиновым габбро**.

Перидотит — кристаллическая порода, состоящая из оливина и какого-нибудь цветного минерала — биотита, амфибола, пи-

роксена. В качестве второстепенных минералов присутствует магнетит, а иногда гранат. Перидотит, состоящий из оливина и хромистого железняка, называется *дунитом*.

Кристаллические сланцы. Другая группа пород, входящая в состав кристаллической коры, слагается также из кристаллических минералов, но в отличие от первой группы минералы второй группы располагаются послойно и часто сами обдаются вытянутой формой или же превращены в листочки и пластинки, лежащие параллельно друг другу. Такого рода сложение называется *сланцевым*, а обладающие им породы именуются *сланцами*. Сланцы, образованные из кристаллических минералов, носят наименование *кристаллических сланцев*.

Кристаллические сланцы слагают мощные по толщине пласты в земной коре (см. рис. 21).

Примеры кристаллических сланцев. *Слюдистый сланец* слагается из слюды и кварца. В качестве второстепенных, необязательных минералов в слюдистых сланцах попадают: полевой шпат, гранат, апатит, магнетит, железный блеск и другие минералы. Сложение слюдистых сланцев резко сланцевое, и они легко раскалываются по плоскостям сланцеватости. Окрашены в светлосерый, светлозеленый, реже темносерый цвет.

По характеру слюды различают биотитовые, мусковитовые и двуслюдистые сланцы. Если необязательные минералы присутствуют в большом количестве, то сланец получает название по преобладающему второстепенному минералу: гранатовый, роговообманковый и другие сланцы.

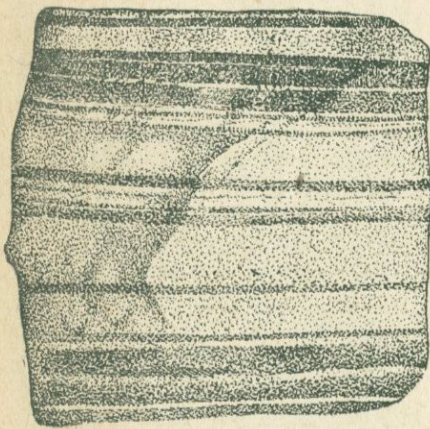


Рис. 22. Полосчатый гнейс.

Роговообманковый сланец — из роговой обманки с примесью полевого шпата, кварца, биотита и других минералов. Цвет — черный.

Близко к слюдистым сланцам стоят *филлиты* — тонкосланцеватые плотные породы с глянцеваым блеском, под микроскопом распадающиеся на агрегат очень мелких зерен кварца и слюды. Филлиты пред-

ставляют переход между кристаллическими сланцами и осадочными породами, в частности глинистыми сланцами.

Хлоритовый сланец состоит почти исключительно из минерала хлорита, образующего листовые кристаллы, почему и самые сланцы получают резко выраженное листоватое сложение.

Тальковый сланец слагается из минерала талька, имеющего чешуйчатую форму. Цвет — светлозеленый или белый с перламутровым блеском, на ощупь жирный.

Гнейс состоит из тех же минералов, как и гранит, т. е. из полевого шпата, чаще всего ортоклаза, кварца и слюды. Но в отличие

от гранита все эти минералы расположены послойно (рис. 22): слой из полевого шпата сменяется слоем кварца, а последний — слоем слюды и т. д. По характеру слюды различают мусковитовый, биотитовый и двуслюдистый гнейс. При сланцевом сложении гнейс часто трудно раскалывается по плоскости сланцеватости, чем отчасти приближается к интрузивным породам.

По расположению в земной коре филлиты, хлоритовый и тальковый сланцы занимают более верхние горизонты кристаллической коры, слюдистые сланцы встречаются в средних частях ее, а гнейсы слагают наиболее глубокие пласты (см. рис. 21).

Отношение между кристаллическими сланцами и интрузивными породами. Все кристаллические сланцы собраны в складки, разбиты трещинами, сдвигами, сбросами. Это свидетельствует о том, что после своего образования они подвергались очень интенсивным горообразовательным процессам. Кроме того кристаллические сланцы прорезаны часто жилами интрузивных пород. Количество интрузивных пород увеличивается по мере перехода от хлоритовых, тальковых сланцев к слюдистым сланцам и гнейсам. Чем глубже лежат гнейсы, тем они богаче интрузивными породами. Последние прорезают их жилами, пластами или же лежат среди них в форме огромных массивов, протягивающихся на десятки и даже сотни километров (см. рис. 21). Чем глубже в земную кору, тем размеры интрузивных массивов становятся больше и состав их делается однороднее. Наиболее глубокие интрузии принадлежат почти исключительно граниту. В последнем иногда встречаются значительные участки, где можно видеть обломки гнейсов, включенные в гранитную массу в виде впавлений самой разнообразной величины и формы. По этим включениям можно проследить, как твердая земная кора под действием высокой температуры нижележащих огненно-жидких магм подвергалась плавлению и переходила сама в магматический расплав, чтобы при дальнейшем охлаждении снова перейти в твердую горную породу. В наиболее глубоких частях различие между гнейсами и гранитами начинает сглаживаться: сланцеватость исчезает, породы приобретают массивный характер, и лишь одна слюда из всех минералов сохраняет линейное расположение. В такого рода породах трудно разобратся — имеем ли мы дело с гранитом или гнейсом; их называют поэтому *гранито-гнейсы*.

Древность кристаллических пород. Кристаллические породы большей частью — очень древние породы. В них нигде нет и следа ископаемой органической жизни. Некоторые из ученых видят в них ту первичную кору, которой покрылся земной шар при переходе из расплавленного жидкого состояния в твердое. Поэтому эти породы нередко называются *первичными* и *первозданными* породами. В последнее время однако более распространенным является взгляд, что первичная земная кора не могла сохраниться до нашего времени. Она должна была переплавиться под действием высокой температуры магм, находящихся под ней снизу, и громадного количества лав, заливших ее сверху при многочисленных извержениях, совершавшихся в громадном масштабе в то время, когда земная кора была еще очень тонкой и не могла противо-

стоять напору извергавшихся из земных недр газов и жидких лав.

Вероятнее думать, что кристаллические породы представляют более поздние образования и возникли путем изменения под влиянием давления и высокой температуры из других пород, сформировавшихся на земной поверхности уже после образования первичной коры затвердевания. Но тем не менее кристаллические сланцы — самые древние породы, так как во всех частях земного шара они лежат в основании всех прочих земных пластов, и поэтому их называют породами древнейшими, или *архейскими*.

Распространение архейских пород. Архейские породы — самые распространенные из всех других пород: в то время как породы последующих геологических периодов встречаются не повсеместно, а лишь отдельными областями, наслаиваясь последовательно друг на друга или же с более или менее значительными перерывами, архейские породы облекают весь земной шар сплошной непрерывной скорлупой. Будучи прикрыты толщей позднее образовавшихся наслоений, архейские породы обнажаются на дневной поверхности в редких сравнительно местах. Но на каждом материке есть местности, где эти древнейшие кристаллические породы выступают значительными площадями, лишенными прикрытия из позднее образовавшихся пластов. В то время как другие области суши в течение земной истории неоднократно занимались морем, оставлявшим на них морские осадки, архейские выступы кристаллических горных пород все время оставались сушей и никогда долго не покрывались морем. Такие выступы кристаллической коры были исконно неподвижными устоями, вокруг которых развились затем материки, почему им и дают название *щитов*.

В Северной Америке таким устоем является Канадский кристаллический щит, в Южной Америке — Бразильский щит, в Африке — Центрально-Африканский щит, в Австралии — Австралийский щит, в Азии — Восточно-Сибирский и Китайский щиты.

В Европе имеются два кристаллических щита: один на северо-западе — Скандинаво-Финляндский щит, и другой на юге — Южно-Русский щит, протягивающийся почти от Карпат по южной части СССР до Азовского моря.

Все эти щиты представляют наиболее возвышенные выступы кристаллической земной коры, которая в других частях представляет западины и понижения, занятые теперь или бывшие раньше занятыми водами океана. Осадки, оставленные океаном, прикрыли в таких местах архейские породы, но местами кристаллическая кора в виде отдельных выступов подымается из-под толщи осадочных пород и среди этих впадин, как это наблюдается например в Чехо-Словакии, или около г. Павловска в Воронежской области.

IV. ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Седиментарная кора

В местностях, лежащих вне кристаллических щитов, архейские породы прикрыты с поверхности толщей пород, образовавшихся благодаря отложениям из воды, воздуха или из скоплений растительных и животных остатков. Таким породам дают название *оса-*

дочных пород, а слагаемую ими толщу земной коры называют осадочной, или седиментарной. В земной коре на доступной нашему изучению глубине преобладающую роль играют изверженные породы, составляющие 95% всех пород. Но на самой поверхности преобладают осадочные породы, которые занимают 75% земной поверхности. Минеральный состав и горные породы, слагающие седиментарную кору, иные, чем минералы и горные породы кристаллической коры. В то время как последняя образована кристаллическими минералами, в седиментарной коре преобладают обломки последних и аморфные минеральные тела — глина, мергель, плотный известняк; в минералах кристаллической коры наиболее распространенной кислотой является кремневая кислота, в минералах седиментарной коры наиболее деятельными кислотами будут: угольная, серная и хлористоводородная. Горные породы кристаллической коры образовались при высокой температуре и большом давлении; горные породы седиментарной коры возникли при обычной наземной температуре и незначительном давлении. Среди кристаллических пород нет и признаков органических остатков; в седиментарной коре обширные пласты образованы исключительно из остатков организмов.

Минералы кристаллической коры	Минералы осадочной коры
Ортоклаз	Каолин, аллофан и другие глины
Плагиоклаз	Полевые шпаты
Кварц	Кварц и кремь
Роговая обманка	Слюда
Авгит	Известковый шпат
Слюда	Доломит
Хлорит	Гипс и ангидрит
Оливин	Поваренная соль
Нефелин	Уголь
Гранат	Сера
Апатит	Боксит
Плавиновый шпат	Бурый железняк
Магнитный железняк	Нефть, асфальт
Титанистый железняк	Пирит
Хромистый железняк	Фосфорит
Железный блеск	
Железный колчедан (пирит)	
Медный колчедан	
Цинковая обманка	
Свинцовый блеск	
Марганцовые руды	
Графит	
Кальцит (редко)	

Из сопоставления минералов, слагающих кристаллическую и осадочную кору (см. приводимую таблицу), видно, что за небольшим числом некоторых общих минералов (кварца, полевых шпатов, слюд и других, в виде обломков, перешедших из кристаллической коры в осадочную), все остальные минералы в них резко различны.

Точно так же различны и слагаемые этими минералами горные породы:

Горные породы кристаллической коры	Горные породы осадочной коры
Гранит Сиенит Нефелиновый сиенит Диорит, габбро Перидотит Гнейс Слюдистый сланец Хлоритовый сланец Филлит Кварцит Мрамор	Лед Лёсс Глина, глинистый сланец Мергель Пески, щебень, песчаники, кварциты, конгломераты Известняки, туфы Доломиты Гипс, ангидрид, каменная соль Трепел Ископаемые угли Торф

Но, несмотря на эти столь резкие отличия седиментарной коры от кристаллической, все минералы и горные породы, слагающие седиментарную кору, произошли из минералов и горных пород кристаллической коры через преобразование последних посредством целого ряда процессов. Местами процесс превращения кристаллической коры в седиментарную зашел так далеко, что между минеральным составом и строением той и другой не осталось ничего общего: пористый коралловый известняк несравним ни с одной из пород кристаллической коры, равно как и кусок легко растворимой каменной соли непохож на стойкие породы архейских сланцев и интрузивных пород.

Но в некоторых случаях между кристаллическими и осадочными породами наблюдаются постепенные переходы, по которым можно проследить превращение кристаллических пород в осадочные. Наблюдая прибор Балтийского моря у скал Финляндии, а у нас в СССР в Крыму, на Кольском полуострове, на Новой Земле и в других местах, можно видеть, как благодаря дробящей силе морской волны гранитные и гнейсовые скалы разрушаются, обломки их падают к основанию скал и делаются достоянием морских волн. Последние, двигая упавшие глыбы взад и вперед, стирают их острые углы и превращают в округленные валуны. От постоянного трения друг о друга при ударах морских волн эти валуны дробятся, истираются, уменьшаются, превращаются в гальку, затем в гравий и песок. Все эти обломки кристаллических горных пород отлагаются на морском дне в форме рыхлых осадочных горных пород; с течением времени, благодаря химическим процессам, рыхлые пески превратятся в песчаники, галька и валуны — в твердые конгломераты. По составу этих горных пород из обломков архейских пород в них можно установить первоначальное происхождение из кристаллической коры.

Точно так же при химическом разложении гранита или какой-нибудь другой кристаллической породы архейского времени до стадии каолина — целый ряд переходов от свежей породы до чистого каолина убеждает нас в том, каким путем образуется главная масса глинистых продуктов, столь распространенных в осадочной коре.

2. Геологические процессы

Изменения, происходящие как в составе, так и в строении и форме земной коры, вызываются *геологическими процессами*. Одни из геологических процессов совершаются быстро, на наших глазах. К таковым относятся извержения вулканов, землетрясения, горные обвалы, прорыв озера или моря, размывающее действие ливнеобразных дождей и бурных горных потоков, засыпание дюнным песком культурных пространств. Но все такие геологические процессы, носящие по большей части катастрофический характер, совершаются не часто и эпизодически. Повседневны же и регулярно действуют другие процессы, незримые для нас, но благодаря неустанному действию которых в течение длительных периодов времени в земной коре совершаются преобразования и изменения гораздо бóльшие, чем от катастрофических процессов. Большинство геологических процессов совершается чрезвычайно медленно, почему и получается неправильное впечатление о неиз-

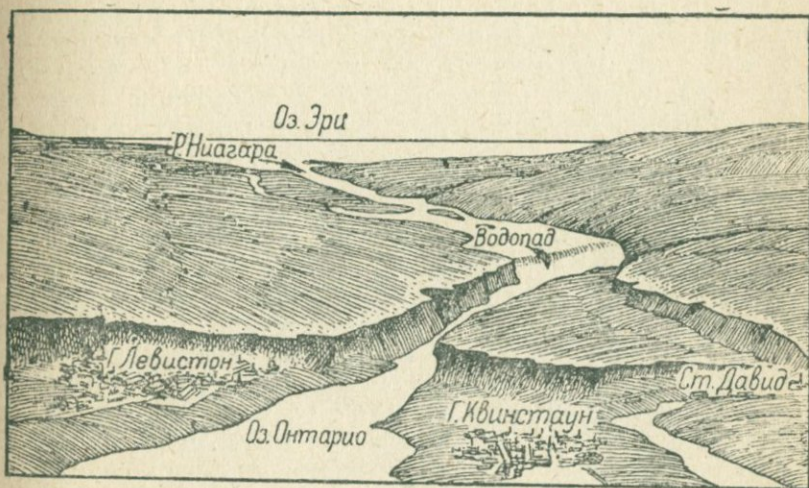


Рис. 23. Схематическое изображение озера Эри, реки Ниагара, Ниагарского водопада и озера Онтарио.

меняемости земной коры и вечности камня. Если возьмем наиболее заметный геологический процесс — размывание суши вертикально падающей водой, то, несмотря на колоссальные размеры действующей при этом силы, размывание, производимое водопадами, совершается очень медленно.

Самый большой водопад Ниагара (рис. 23) находится в Северной Америке на реке того же имени, вытекающей из озера Эри и впадающей в озеро Онтарио, отстоящее от озера Эри на 30 км. Не доходя 11,5 км до озера Онтарио, р. Ниагара низвергается в ущелье отвесным водопадом, разделяемым Козьим островом на два рукава: большой Канадский водопад, шириной в 600 м, и малый Американский, шириной в 200 м; высота отвесного падения

водопада составляет 49,5 м. Падение воды в Ниагарском водопаде развивает громадную механическую силу, равную 20 миллионам лошадиных сил.

Ниже водопада р. Ниагара течет вплоть до устья в глубоком отвесном ущелье, вырытом водопадом. Средняя глубина этого ущелья — 80 м, а ширина — около 365 м. Геологическими исследованиями доказано, что в прежнее время р. Ниагара обрывалась водопадом непосредственно в озеро Онтарио с отвесного берега последнего, но затем, в силу размывания своего ложа, водопад отступил до своего современного положения. Все ущелье от водопада до озера Онтарио является результатом размывающей деятельности Ниагарского водопада. Наблюдая ежегодное отступление водопада, равное 0,3 м в год, высчитали, что для образования всего ущелья потребовалось 38 300 лет. Если так медленно действует отвесно падающая вода, обладающая энергией в 20 миллионов лошадиных сил, и притом на сравнительно мягкие известняковые породы, то еще медленнее действуют воды нормально текущих рек среди кристаллических и других твердых горных пород.

Представление о медленности геологических процессов может дать еще и другой пример. Ветры поднимают громадное количество пыли из пустынь, расположенных в Восточной Азии. Пыль эта разносится на обширные расстояния и отлагается в соседних с пустыней степных областях. Из скопления такой пыли, по мнению многих ученых, образуется порода, называемая лёссом. Около г. Мукдена в Манчжурии приносимая ветром пыль засыпает могилы китайских императоров; на некоторых из этих могил, насчитывающих уже 2000 лет существования, отложился слой лёсса, в 2 м толщиной. Местами в Сев. Китае лёсс залегает сплошной толщей, достигающей 200 м мощности. Если для отложения слоя лёсса в 2 м толщиной нужно было 2000 лет, то 200-метровая толща его могла образоваться не менее чем в 200 000 лет.

Эти и тому подобные наблюдения убеждают в чрезвычайной медленности большинства геологических процессов, но благодаря тому, что они действуют в течение громадных периодов времени, для исчисления которых часто не хватает языка человеческих цифр, получают колоссальные результаты их действия.

Геологические процессы, благодаря которым совершаются изменения в земной коре, могут происходить только в том случае, когда имеется налицо приводящая их в действие какая-нибудь сила или деятель. В качестве сил, вызывающих наземные геологические процессы, служат: солнечная теплота, ветер, текучие воды, море, снега и лед. Каждый из этих деятелей вызывает только ему свойственные геологические процессы, резко отличающиеся друг от друга как по характеру, так и по результатам их действия на земную кору.

✓ 3. Физическое выветривание

Ближайший к г. Ленинграду выход кристаллической коры находится около г. Випури и в Карельской АССР. Обнажающаяся здесь интрузивная горная порода принадлежит к разновидности

гранита и называется *рапакиви*, что значит — гнилой камень. Рапакиви сложен из полевого шпата, кварца, слюды и роговой обманки. Но полевой шпат в нем имеет форму не угловатых зерен, как это обычно наблюдается в граните, а образует яйцеобразные шары, или овоиды, часто в несколько сантиметров в диаметре. Внутренняя часть таких шаров образована красным или желтым ортоклазом, а снаружи они часто одеты оболочкой из зеленоватого или белого плагиоклаза. Свое название «рапакиви» эта горная порода получила от способности рассыпаться на свои составные минеральные части, причем овоиды свободно выпадают. Александровская колонна на площади Урицкого в Ленинграде, высеченная из этого камня, непрерывно требует ремонта в силу образования в ней трещин.

Разрушение, наблюдаемое в рапакиви, происходит и во всех других горных породах; в рапакиви этот процесс сказывается только наиболее наглядно. Такого рода разрушение горных пород

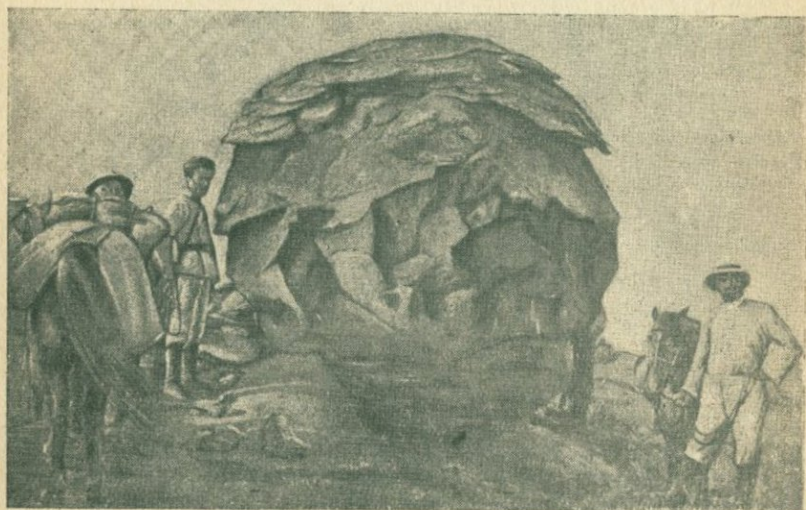


Рис. 24. Шелушение каменных глыб под влиянием физического выветривания в Туркестане (фот. М. В. Боярунаса).

называется *выветриванием*; вызывается выветривание неравномерным расширением и сжатием составных частей горной породы от нагревания и охлаждения. Если взять брусок из кварца, длиной в 100 мм, то при нагревании на 1° С он удлинится на 0,0014 мм, а такой же брусок из ортоклаза — на 0,00086 мм. Если эти два минерала встречаются в одной и той же породе, то при нагревании днем и охлаждении ночью они будут отодвигаться друг от друга на разность между величиной их расширения и сжатия. Благодаря этому сила сцепления между ними ослабляется, и в конце концов порода расшатывается настолько, что распадается на составляющие ее минералы. Так как такое выветривание проис-

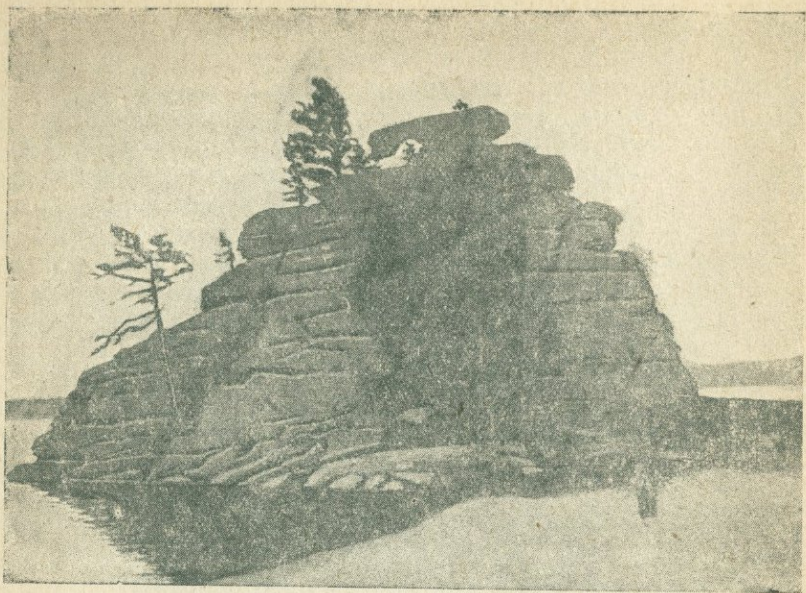


Рис. 25. Матрацовая отдельность в гравите в Акмолинской области.
(По фотогр. В. Дробова.)



Рис. 26. Гранитный валун в окрестностях г. Либавы, расколовшийся под действием физического выветривания.

ходит под влиянием физических причин, то оно называется *физическим выветриванием*.

Физическое выветривание начинается с поверхности и постепенно проникает внутрь горной породы. Обычно всякая порода с поверхности разбита трещинами; выветривание, проникая по трещинам, идет от периферии внутрь каменных глыб, отчего последние теряют свои резкие очертания и превращаются в шарообразные (рис. 24), подушкообразные или матрацообразные формы, особенно часто встречающиеся у гранитов (рис. 25).

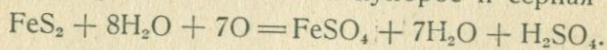
Физическое выветривание ускоряется, если в горную породу попадает вода, подвергающаяся при охлаждении воздуха ниже 0° замерзанию и переходу в лед. Дождевые и талые воды, а также роса проникают по трещинам во всякую горную породу. Даже такие прочные породы, как граниты, и те местами содержат внутри воду. При охлаждении ниже 0° С заключенная в горных породах вода замерзает в лед. Вода при переходе из жидкого состояния в твердое увеличивается на $\frac{1}{11}$ своего объема. Развивающееся при этом давление на стенки трещин, содержащих воду, очень велико, оно равняется 890 кг на 1 кв. см, откуда легко рассчитать, что 1 г замерзающей воды производит работу в 35 килограмметров. Если сопротивление, оказываемое при этом горной породой, меньше, чем давление льда, то горная порода раскалывается и распадается на все более и более мелкие обломки (рис. 26). Явление это можно хорошо наблюдать в гористых местностях ранней весной вскоре после восхода солнца: расколотые замерзающей водой горные породы ночью еще держатся вместе, спаянные заключенным между ними льдом; утром же, после растаивания льда от солнечного нагревания, они начинают распадаться, что вызывает шумные горные обвалы.

4. Химическое выветривание

Вполне обычным для нас является растворение в воде поваренной соли, квасцов и тому подобных легко растворимых веществ. Но трудно укладывается в наше представление возможность растворения таких горных пород, как гранит, гнейс, кристаллические сланцы и слагающих эти породы минералов. Между тем в действительности все горные породы способны частично растворяться в воде, и абсолютно нерастворимых минеральных тел нет в земной коре. Убедиться в этом можно легко. Вода сама по себе нейтральна и не окрашивает лакмусовой бумажки в синий или в красный цвет. Но стоит поддержать при нагревании в воде какую-нибудь мелко измельченную горную породу или минерал, как вода получает способность окрашивать лакмусовую бумажку в тот или другой цвет, смотря по характеру введенного в нее вещества. Это указывает на то, что при соприкосновении с водой горной породы или минерала часть их перешла в раствор. То же самое показывает и непосредственный анализ полученного раствора. Даже такие, казалось бы, совершенно нерастворимые минералы, как тальк и слюда, растворяются: 1 весовая единица талька — в 115 000 таких же весовых частях воды, 1 весовая единица магне-

зияльной слюды — в 340 000 таких же весовых частях воды. Подогревание увеличивает способность к растворению минералов; так, кварц в холодной воде почти нерастворим, в горячей же воде 1 весовая единица кварца растворяется в 10 000 таких же весовых единицах воды.

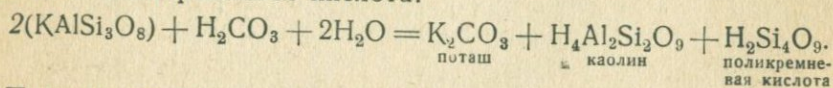
Труднорастворимость пород восполняется в природе продолжительностью процесса растворения, совершающегося в течение длительных геологических периодов, в силу чего горные породы могут полностью или отчасти переходить в раствор. Растворимость горных пород в воде увеличивается от содержания в последней углекислоты, серной, азотной, хлористоводородной кислот, содержащихся в составе воздуха и увлекаемых из последнего на землю атмосферными осадками. Кроме того выпадающие из атмосферы осадки вместе с заключенными в них реактивами, вступая в реакцию с наземными минералами, обогащаются растворенными веществами, которые сами могут действовать как реактивы. Так например при действии воды с кислородом воздуха на минерал серный колчедан получается железный купорос и серная кислота:



Серная кислота сама по себе является сильным реактивом, а железный купорос легко вступает в реакцию взаимного обмена.

Распадение минералов и горных пород под влиянием воды и растворенных в ней реактивов называется *химическим выветриванием*.

Если мы станем действовать на минерал ортоклаз водой в присутствии углекислоты, то вместо ортоклаза образуется поташ, каолин и поликремневая кислота:



Поташ уходит в раствор, поликремневая кислота, как соединение неустойчивое, распадается на воду и окисел кремния, а каолин остается в форме белой порошковатой минеральной массы.

Каолин или *фарфоровая глина* представляет собой мягкий минерал с твердостью 1 и удельным весом 2,2—2,6.

Другие виды глин также образуются в результате процесса химического выветривания, как и каолин; в состав их входят водород, алюминий, кремний, кислород и вода, но количественное отношение этих элементов в них несколько иное, чем в каолине. Так, другой распространенный вид глин — *аллофан* — имеет состав $\text{H}_{10}\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$; кроме того в глинах всегда встречаются примеси других минеральных веществ, которые и придают им различную окраску: зеленую, серую, черную и т. д.

При высокой температуре, например в тропиках, и обилии влаги, глины могут распадаться на кремнекислоту, выделяющуюся в аморфной форме в виде минерала — *опала*, и гидраты окиси алюминия с различным содержанием воды, — составляющие группу *бокситов*. Последние по внешнему виду напоминают глину, окрашенную от примеси в них окиси железа в красный цвет. Из боксита получают металл алюминий.

Грунтовые воды. Выпадающие из атмосферы воды частью испаряются обратно в атмосферу, частью стекают по поверхности, а частью просачиваются вглубь. Просачивание атмосферных вод вглубь земных слоев возможно в том случае, если поверхностные породы пористы, трещиноваты или сравнительно легко растворимы. Такого рода породам дают название *водопроницаемых* пород; к ним принадлежат например: щебень, пески, галечники, трещиноватые известняки. Наряду с водопроницаемыми породами в земной коре встречаются породы, не пропускающие сквозь себя воду, или *водонепроницаемые* породы, как например: глина, мергель, кристаллические сланцы.

Если водонепроницаемые породы выходят непосредственно на дневную поверхность, то атмосферные воды не проникают в них, а испаряются обратно в атмосферу, или при равнинности местности застаиваются в форме болот и озер, а при наличии уклона стекают по поверхности земли. Если же водонепроницаемые породы находятся на некоторой глубине, а сверху них лежат водопроницаемые породы, то атмосферные воды, просачиваясь полностью или частью через водопроницаемые слои, опускаются до водонепроницаемого слоя, на котором и задерживаются, скопясь поверх водонепроницаемой породы в водопроницаемом

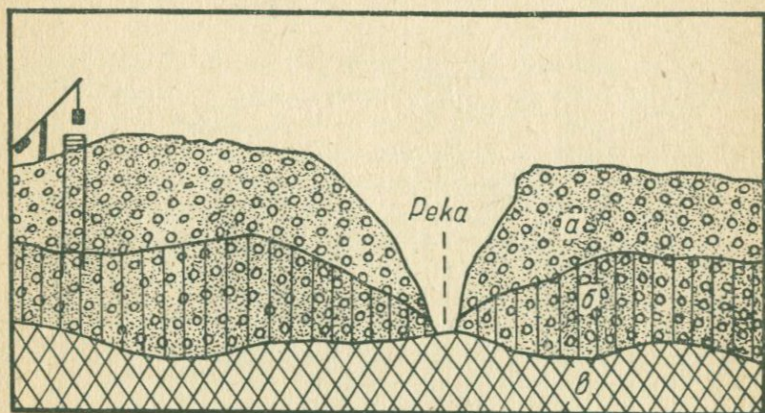


Рис. 27. Грунтовые воды.

а — водопроницаемый слой, *б* — водоносный слой, *в* — водонепроницаемый слой.

слое; просочившиеся воды образуют в пустотах последнего скопления воды, называемые *грунтовой* водой (рис. 27).

В тех местах, где водонепроницаемый слой подходит близко к дневной поверхности, лежащие поверх него грунтовые воды вытекают в виде ключей и источников.

Часто водонепроницаемый слой уходит под дно текущих по земной поверхности рек, для которых он также служит ложем, не позволяющим рекам просачиваться в более глубокие слои; в силу этого большинство грунтовых вод выходит прямо в реки. Как много грунтовых вод поступает в реки, можно судить по тому,

что зимою, когда поверхностный сток вод в наших широтах прекращается, реки питаются почти исключительно грунтовыми водами, в силу чего течение их не прекращается и зимой под льдом.

Химические вещества, выносимые реками. Просачивающиеся сверху атмосферные воды, проходя через водопроницаемые породы, выносят из них растворимые минеральные вещества до грунтовых вод.

Вместе с последними эти вещества поступают в реки. Если взять и выпарить отфильтрованную речную воду, то после испарения воды всегда получается твердый осадок из солей, заключенных в растворе воды. В среднем этот осадок содержит: CO_3 — 35,15%, SO_4 — 12,14%, Cl — 5,68%, Ca — 20,39%, Mg — 3,41%, Na — 5,79%, K — 2,17%, SiO_2 — 11,67%, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ — 2,75%.

Состав остатка от испарения речной воды показывает нам, что выносятся через атмосферные и грунтовые воды из горных пород.

Как видно, в раствор переходят все главнейшие химические элементы, слагающие минералы, причем щелочные элементы Na

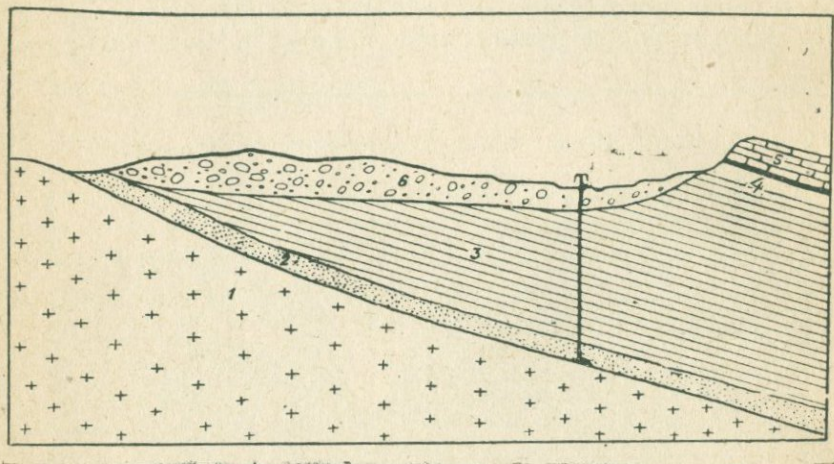


Рис. 28. Артезианские воды

1 — архейские породы, 2 — кембрийские пески, 3 — кембрийские глины, 4—5 — силурийские отложения, 6 — наносы четвертичного периода.

и K , имея наибольшее сродство с Cl , уходят в виде хлористых солей, и лишь незначительная часть элемента натрия соединяется с серной кислотой в форме сернонатриевой соли. Щелочно-земельные элементы Ca и Mg уходят в раствор главным образом в форме углекислых соединений и в меньшей степени в форме сернокислых солей. Кремнезем и окислы алюминия и железа переходят в раствор или свободными или в форме окислов, присоединивших к себе воду.

Общее количество солей, выносимых ежегодно всеми реками земного шара в океан, составляет 4,1 млрд. кг.

Артезианские воды. Часть атмосферных вод не возвращается через грунтовые воды и реки, а уходит в более глубокие слои

земли. Это происходит в том случае, когда водопроницаемый слой обладает падением и уходит с поверхности под слой, не пропускающие воду.

Фундаментом всех наслоений под Ленинградом является водо- непроницаемая порода гнейс, лежащий на глубине около 200 м; выше гнейса лежат белые кварцевые пески мощностью в несколько метров, прикрываемые водонепроницаемой синей пластичной глиной кембрийского возраста. Сверху кембрийские глины прикрываются поверхностными отложениями из глин и песков. Как кембрийские глины, так и подстилающие их пески обладают падением к юго-востоку. Воды, которые попадают в кварцевые пески, выходящие на поверхность в местности, лежащей к северо-западу от Ленинграда, движутся затем по песчаному слою и уходят вглубь под пласты водонепроницаемой кембрийской глины. При этом эти воды находятся под давлением вышележащих частей их и, будучи вскрыты в Ленинграде буровыми скважинами, они поднялись с глубины 190 м и забились фонтаном в 5,9 м высотой. Такого рода водам, находящимся на глубине в водоносном слое, заключенном между двумя водонепроницаемыми слоями, поднимающимся в буровых скважинах и колодцах кверху с напором, дают название *артезианских вод* (рис. 28).

5. Разрушение земной коры подземными водами — суффозия

Образование пещер и провалов. Атмосферные воды, просачиваясь сверху вглубь земной коры, действуют растворяющим образом на все горные породы, но только одни из них поддаются растворению очень медленно, как например породы кристаллической земной коры, другие же породы растворяются сравнительно легко; к числу последних принадлежат осадочные породы: известняк, мрамор, доломит, гипс и каменная соль.

Просачивающиеся сверху воды, проникая в горные породы по трещинам, растворяют их, образуя полости и пустоты, называемые пещерами (рис. 29). В СССР наиболее богат пещерами Крым, где особенно славятся своими размерами пещеры Чатырдага, Ориандовая и Тысячеголовая; кроме того известны еще пещеры в Горьковском крае — Барнукова пещера, в Свердловской области — Кунгурская ледяная пещера, на Кавказе — Кутаисские пещеры, в Сибири — Нижнеудинская пещера и т. д.

Наибольшей пещерой в мире является Мамонтова пещера в Северной Америке, достигающая вместе со своими ответвлениями 250 км. Она состоит из целого ряда зал и галлерей, располагающихся местами в несколько этажей. Наиболее высокие из зал достигают высоты 300 м. В пещере течет целая река и имеется несколько озер.

Просачивающиеся в пещеру сверху воды постепенно расширяют свои вертикальные ходы, превращая их в длинные трубы, называемые по причине сходства с трубами органа — *органными трубами*. По мере расширения последних лежащие поверх извест-



Рис. 29. Подземная река в пещере Сан-Кандиан в Австрии.

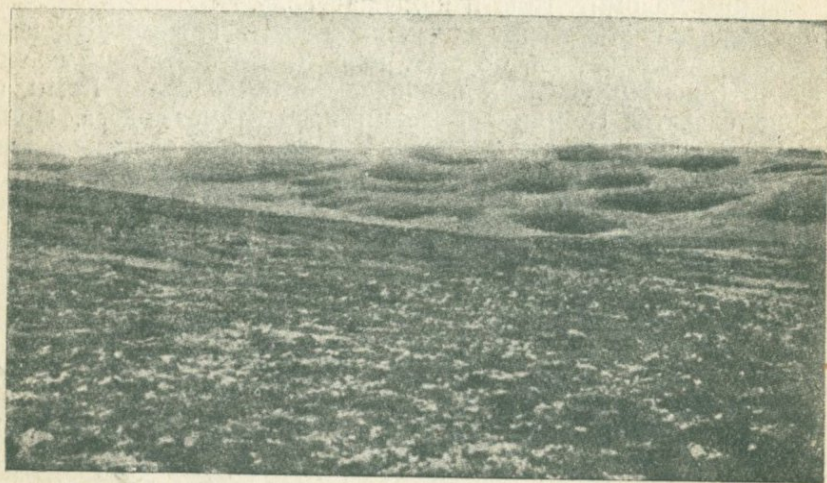


Рис. 30. Провальные воронки на Яйле (Крым).

няков рыхлые наносы проваливаются в органичную трубу, отчего на поверхности земли образуются провальные воронки (рис. 30). Провалы происходят и от увеличения размеров пещер, когда последние достигают такой величины, что лежащие над ней пласты земли не выдерживают собственной тяжести, и при этом проис-

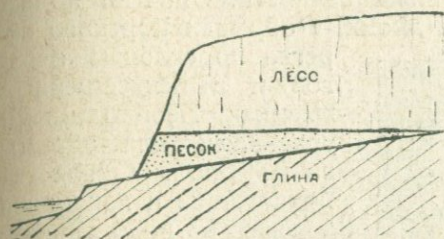


Рис. 31. Положение слоев до оползня.

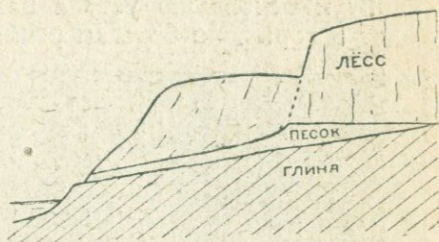


Рис. 32. Положение слоев после оползня.

ходит обрушивание сводов пещеры. Если пещера была невысока, то поверхностные слои лишь оседают над пещерой, образуя неглубокую впадину, обычно вскоре превращающуюся в озеро. Но если пещерные гrotы достигали значительной величины, то при обрушении кровли ее все вышележащие породы проваливаются

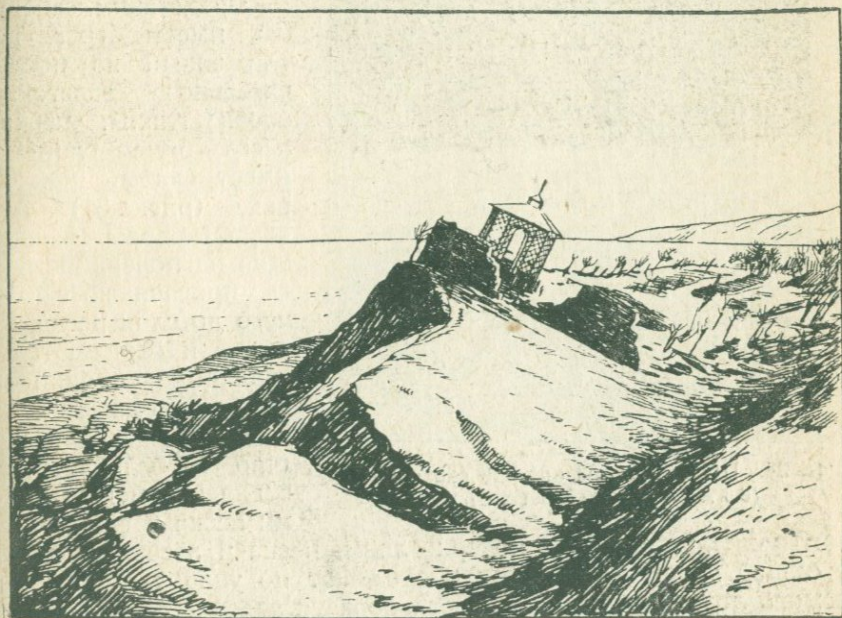


Рис. 33. Оползни около Одессы.

отвесно вниз, отчего на поверхности образуются глубокие впадины — провалы с отвесными крутыми стенками. Все эти явления получили название карстовых, по имени местности Карста на северном берегу Адриатического моря, где они наиболее отчетливо выражены. Карстовые явления широко развиты в Крыму на поверхности Яйлы, в Северном крае, около г. Красноуфимска и

в других местах, где развиты известняки или другие легко растворимые горные породы.

Оползни и обвалы. С подземными водами связано еще образование оползней и обвалов.

Оползнем называется медленное сползание земных пластов по склону к основанию уступа или возвышенности. Оползни происходят в горах, по берегам речных долин, в обрывах морского берега, по склонам оврагов и в искусственных выемках. Необходимыми условиями для образования оползня является присутствие и наклонное залегание водонепроницаемого слоя и ослабленные силы сцепления между соседними пластами. Обычно последнее обстоятельство происходит под влиянием грунтовых вод.



Рис. 34. Пьяный лес на оползне около Ялты (9 км Бахчисарайского шоссе).

этого участка, лежащие поверх глины, песка и лёсса, отрываются от общей массы этих пород и сползают по уклону водонепроницаемого ложа к основанию берега, образуя здесь террасовый уступ, часто с неровной, бугристой поверхностью (рис. 32 и 33).

Оползни представляют частое геологическое явление. Особенно им подвержены нагорные берега некоторых крупных рек и возвышенные морские побережья, например южный берег Крыма.

Расположенные на таких берегах села и города сильно страдают от оползней. Последние разрушают не только отдельные дома, но и целые улицы. Так например в Саратове в 1884 г. сползла часть Соколовой горы в длину на протяжении $\frac{1}{2}$ км;

в Ульяновске в 1902 г. произошел оползень крутого берега, которым были разрушены железнодорожные сооружения на протяжении 400 м, мостовая и целый ряд домов.

Рис. 34 изображает так называемый «пьяный лес», выросший на подвижном оползне в Крыму около г. Ялты (Бахчисарайское шоссе).

Обвал — в сущности тот же оползень, но только катастрофического характера. Оторвавшиеся массы горных пород при обвале не сползают медленно по склону, как это происходит при оползне, а быстро низвергаются к основанию, производя часто большие опустошения на своем пути. Толчком для образования такого обвала могут послужить — сильный ливень, буря или землетрясение. Подобный случай, известный под именем Памирской катастрофы, имел место в 1911 г. в долине р. Бартанга. От незначительного землетрясения с горы, высотой в 600 м, обрушилась масса земли, объемом около 40 000 куб. м и весом в $8 \cdot 10^9$ т. Этот обвал образовал в долине реки запруду площадью в 16 кв. км, при ширине от 4 до 5 км и высотой до 740 м. Река Бартанг выше этой запруды образовала озеро длиной в 70 км, шириной до 1,5 км и глубиной в 485 м.

6. Разрушение земной коры текучими водами — эрозия

Смывание. Всякая движущаяся вода обладает механической силой, благодаря которой она может производить разрушительную работу на земной поверхности. Поэтому не проходит без следа для земной коры даже действие дождевых и талых вод. Стоит присмотреться во время сильного дождя к струйкам, текущим по поверхности земли, и по мутному цвету их от переполняющей их глины и песка можно составить представление о количестве переносимых ими минеральных частиц. Такое действие атмосферных вод называется *смыванием*. Чем больше воды и чем круче склон, тем смывание сильнее. Наибольшее смывание происходит в гористых местностях. Возникающие здесь от дождей потоки отрывают с поверхности не только мелкие частицы, но часто и крупные камни.

Очень интересные формы поверхности возникают, когда смывание совершается в неоднородных отложениях, состоящих из мелких землистых частиц и крупных камней. Дождевые воды, легко смывающие мелкие частицы, не в состоянии сдвинуть с места большие камни. Последние отклоняют устремляющиеся на них дождевые струйки в стороны, где они соединяются с соседними струйками. Соединившиеся струйки производят по сторонам камня более энергичное размывание, отчего кругом камня вскоре появляются рывины; последние все более и более увеличиваются, и вскоре камень оказывается изолированно сидящим на находящемся под ним участке земли. С течением времени земля по сторонам камня уносится все больше и больше, а сухой столб земли, защищенный камнем от непосредственного действия дождя, как зонтиком, остается стоять.

На рис. 35 изображены такие столбы до 30 м высоты, называемые *земляными пирамидами*.

Размывание. Смывание действует в плоскостном направлении, но гораздо чаще движущиеся воды собираются в углублениях земной поверхности, которые они размывают далее в глубину в вертикальном направлении.

В отличие от смывания, разрушение земных пластов в глубину называется *размыванием*.

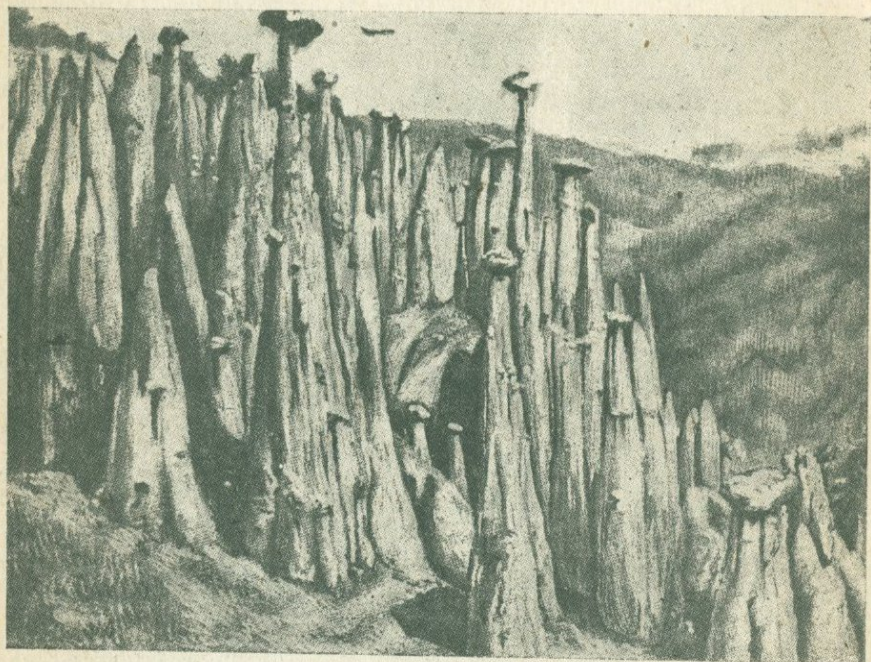


Рис. 35. Земляные пирамиды у Боцена в Тироле.

Образование и рост оврагов. Благодаря размыванию всякое углубление, в котором сосредоточиваются временно текущие воды, превращается в *рытвину*, а последняя с течением времени разрастается в *овраг*, представляющий ту же рытвину, но только более значительных размеров (рис. 36).

Та часть оврага, где он начинается и где в него вливаются воды с окружающей западины, называется *вершиной* оврага, а окончание оврага — его *устьем*. Овраг растет от устья кверху, врезаясь своей вершиной все дальше и дальше в окружающую местность по направлению к водоразделу.

В возникающий овраг с обеих сторон его стекают атмосферные воды; последние, направляясь по углублениям, превращают их в рытвины и в овраги; таким образом у главного оврага появляются боковые овраги, или *отвершки*. Последние также разрастаются своими вершинами, в силу чего сеть оврагов захваты-

вает все большие и большие пространства. Если в данный момент овраг с его отвершками занимает площадь $абвд$ (рис. 37), то через некоторое время его бассейн увеличится до $а_1б_1в_1г_1д_1$ и т. д., до тех пор пока вершина главного оврага и вершина его отвершков не достигнут гребня водоразделов местности, после чего увеличение водосборной поверхности оврага не происходит, рост оврага останавливается, и овраг превращается в балку (рис. 38).

Возникновение и развитие рек. Одновременно с разрастанием оврага в горизонтальном направлении происходит увеличение его

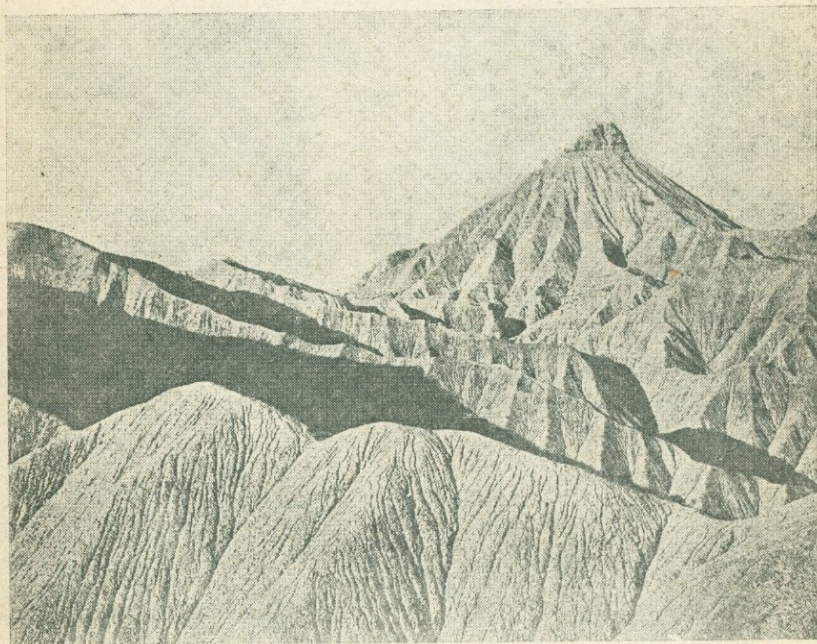


Рис. 36. Эрозионный ландшафт в мергелях Копетдага.

На переднем плане — начальные борозды от дождевых струй. На заднем плане возвышенность, изрезанная рывинами. В средней части рисунка — глубокие овраги (по фот. Нацкоге).

и в глубину. Если углубление оврага дойдет до слоя с грунтовыми водами, то последние выйдут на дне оврага и при достаточном количестве будут питать возникающую на дне оврага речку, причем сам овраг превращается в ее долину. Точно так же овраг может превратиться в долину реки, когда его вершина подойдет к озеру или к обширному болоту: в таком случае возникающая в овраге река питается болотными или озерными водами. Реки могут возникать еще и другими способами. Начало реке может дать ключ, выходящий из-под земли, ледник, тающий на своем конце, и переполнившееся водой озеро. Но чаще всего реки возникают через разрастание оврагов и рывин.

В дальнейшем реки развиваются по такому же закону, как и овраги: река растет своей вершиной или истоком в направлении

от устья к вершине; точно так же развиваются и боковые притоки реки, и это происходит до тех пор, пока главная река и ее притоки не достигнут своих водоразделов. Чем больше увеличи-

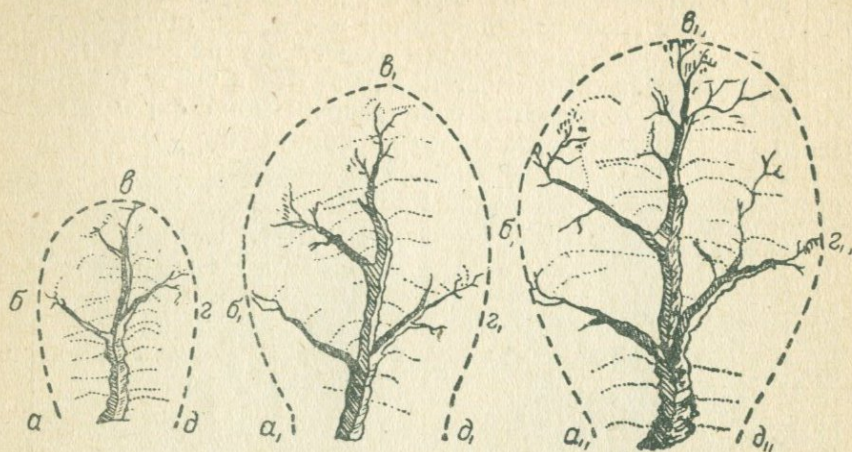


Рис. 37. Развитие оврага.

вается река, чем с большей площади собирает она свои воды, тем больше она принимает притоков и тем больше становится в ней воды. С увеличением количества воды возрастает размывающая деятельность реки по расширению и углублению ее долины.

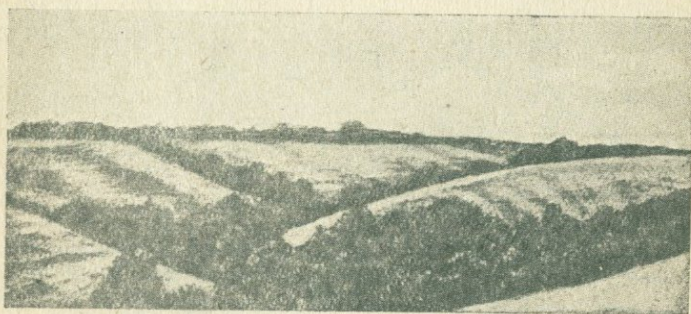


Рис. 38. Овраг, превратившийся в балку.

Размывание рекой своей долины в глубину. Размывающая работа реки зависит от живой силы движущейся воды. Последняя a пропорциональна половине произведения массы воды m на квадрат скорости ее течения v :

$$a = \frac{mv^2}{2}.$$

Предположим, что линия AB (рис. 39) есть вертикальная проекция первоначального потока воды по наклонной плоскости, a_{11} — место соединения первоначальных слабых струй, a_1 — место впадения более крупных притоков и a — место впадения наибольших

притоков; точка B есть место впадения реки в принимающий ее бассейн, или ее устье.

При однообразном уклоне местности наибольшее размывание будет происходить там, где количество воды m будет больше всего, т. е. на участке aB . В силу наибольшего углубления ложе реки на этом участке примет вид abB . Размытые горные породы будут выноситься в море и отлагаться на дне его при устье реки. От постепенного накопления минеральных масс на дне моря в месте впадения реки морское дно будет постепенно подниматься, и когда оно достигнет уровня моря, то при устье реки возникнет дельта, имеющая в плане форму треугольника.

В силу увеличения падения воды по линии ab по сравнению с линией aB возрастет величина v и увеличится размывание выше точки a ; максимум размывания при этом отступит на линию aa_1 , которая через некоторое время примет вид a_1b_1bB ; выше a_1 количество воды в реке делается еще меньше, но увеличение падения

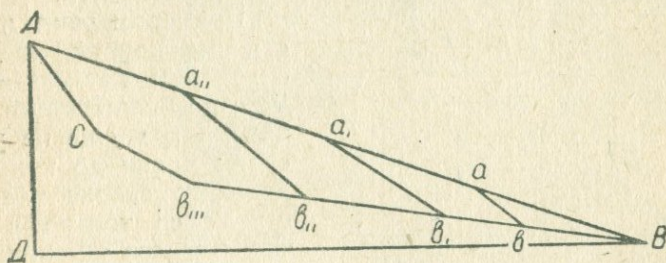


Рис. 39. Схема размывания рекой своего ложа в глубину.

на пространстве a_1b_1 настолько повышает размывание, что максимум последнего перемещается в $a_{11}b_{11}$ и прежнее ложе реки в $a_{11}a$ принимает вид $a_{11}b_{11}b_1B$. В конце концов область максимального размыва достигает последнего водораздельного участка Ab_{111} , который в высоких горах может быть разделен на две части: Ac , представляющую котловину в виде полуворонки, окруженную острыми зубчатыми возвышенностями с очень крутыми склонами; эта часть реки называется водосборной воронкой, так как с нее собираются в поток выпадающие дождевые и талые воды; вторая же часть лежит ниже, на участке cb_{111} , где начинается собственно горный поток, обладающий уже постоянным течением.

Таким путем река углубляет свою долину, и первоначальное ложе ее AB превращается с течением времени в $Acb_{111}b_{11}b_1B$. Углубление рекой своего русла может совершаться только до известного предела. При своем устье река не может размывать своего ложа: уровень ее здесь не может быть выше уровня бассейна, в который река впадает, в силу чего скорость течения v сходит на нуль, и вся величина a превращается также в нуль.

Выше устья река может размывать свое ложе до тех пор, пока ее живая сила будет больше, чем это требуется для передвижения самой воды, для переноса увлекаемых рекой минеральных частиц и для преодоления трения, развивающегося при движении воды

по дну и около берегов. По мере того как река понижает свое русло, скорость движения воды в ней уменьшается. Уменьшение величины v сказывается на уменьшении живой силы и на ослаблении размывающей деятельности реки. Когда установится равновесие между живой силой воды, трением о ложе и количеством переносимой рекой воды и минерального материала — тогда река выровняла свое ложе, и дальнейшего углубления долины реки уже не происходит. Линия, до которой река может углублять свое русло, называется *кривой предельного склона*. При устье реки кривая предельного склона находится на уровне принимающего реку бассейна, который является пределом, или *базисом размывания* или базисом эрозии. Конечным базисом для большинства рек земного шара является уровень океана. От устья кривая предельного склона начинает медленно подниматься по направлению

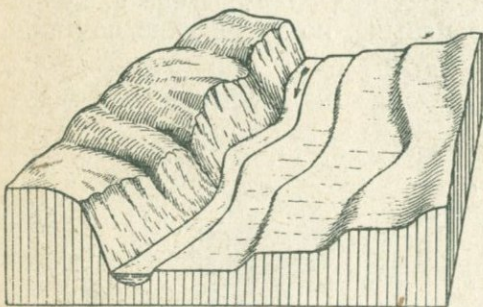


Рис. 40. Речные террасы.

На левой стороне рисунка — крутой берег без террас. На правой — видны три террасы: нижняя — самая новая и две более высокие террасы.

течения от поднятия местности, по которой течет река, или от увеличения массы воды в реке в силу изменившихся климатических условий — эрозионная работа текущей воды возрастает, и река вырывает в своей долине более глубокое русло. Уцелевающие от размывания остатки прежнего дна долины оказываются теперь в виде площадок над новым руслом реки. Такие площадки называются *речными террасами*. Если усиление и ослабление эрозионной работы реки происходило несколько раз, то по бокам речной долины возникает и соответственное число речных террас (рис. 40).

Водопады. Наибольшей живой силой при одном и том же количестве обладает отвесно падающая вода, поэтому ложе реки больше всего подвергается размыванию в местах существования на реке водопадов (рис. 41). Падающая отвесно вода, ударяясь о подножье водопада, отражается кверху в форме вращающихся струй, из которых одни направлены вниз по течению воды, другие же в обратную сторону, к образуемому водопад уступу (рис. 42). Под влиянием ударов этих струй уступ подмывается в своей нижней части, где образуется ниша, над которой верхний край уступа, нависая, выдается вперед. Когда величина уступа

возрастает на столько, что он не в состоянии будет дальше выдерживать своей собственной тяжести и давления срывающейся с него воды, то уступ обламывается, и слагающие его породы падают на дно водопада. Таким образом происходит постоянное отступление водопада против течения реки.

Наглядный пример такого отступления водопада представляет упомянутый выше Ниагарский водопад. Вычислено, что если последний будет отступать в среднем с той же скоростью, с какой он отступал от озера Онтарио до своего настоящего положения, то он достигнет озера Эри через 70 000 лет.

Водопады и другие неровности в течении реки являются лишь временными явлениями в жизни реки; в конце концов река размывает все препятствия на своем пути, и течение ее рано или поздно достигнет кривой предельного склона.

Углублению ложа реки под водопадом много способствуют падающие с уступа вниз камни. Под действием вертикально низвергающейся воды такие камни приходят во вращательное движение и буряют лежащие при

основании водопада горные породы; высверленные ими ямы имеют форму круглых вертикальных колодцев, опускающихся часто на глубину нескольких метров (рис. 43 и 44). Такие колодцы, получившие название «котлов гигантов» или «исполиновых котлов», встречаются часто в ложе рек с исчезнувшими или отступившими водопадами. Так, например, очень хорошо образованные «котлы гигантов» имеются ниже водопада Иматры в Финляндии, где они высверлены в гранитогнейсовой породе.

Размывание рекой своей долины в ширину. Река размывает свое

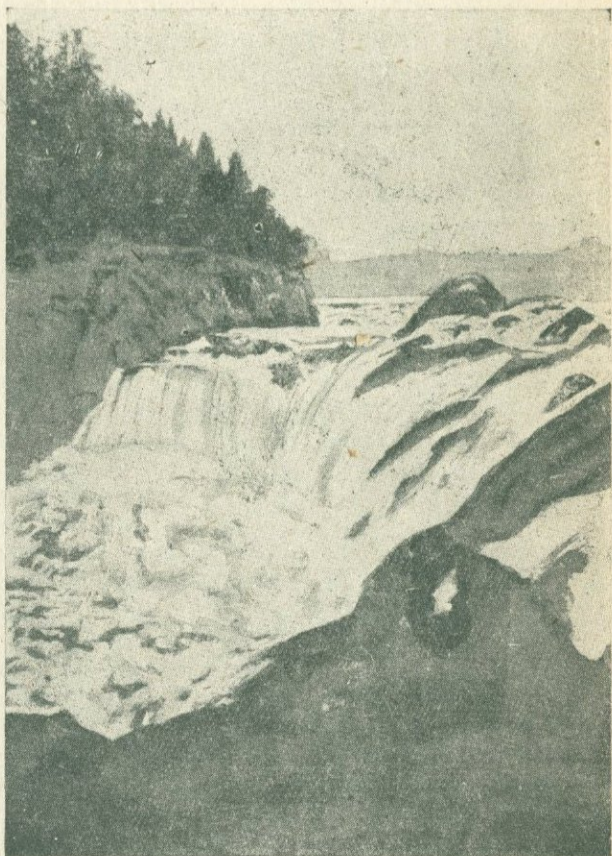


Рис. 41. Водопад Кивач.

ложе не только в глубину, но раздвигает его и в стороны, т. е. в боковом направлении.

Река никогда не течет прямолинейно, а всегда извиваясь, образует более или менее значительные изгибы. В последних река движется не параллельно берегам, а, стремясь согласно закону инерции сохранить первоначальное направление, прижимается к вогнутым берегам и отходит от выпуклых. Ударяясь в вогнутый берег, река подмывает его, делает крутым и обрывистым, тогда как противоположный берег, от которого река отходит в силу ослабления здесь течения, заносится песком и делается отлогим (рис. 45). После удара о крутой вогнутый берег течение воды отражается

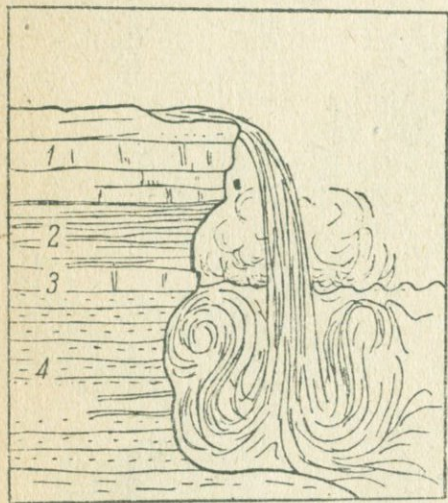


Рис. 42. Размывание ложа реки водопадом.

от него под углом, равным углу падения, и переходит вниз к противоположному берегу. Ударившись о последний и подмыв его, течение переходит вниз снова к первому берегу, и т. д. Существование хотя бы одного изгиба в первоначальном ложе реки приводит к образованию чередующихся изгибов по всей реке. В силу подмывания на вогнутых берегах и отступления от выпуклых берегов изгибы реки увеличиваются в боковом направлении к реке. Но так как течение воды ударяется о вогнутые берега не перпендикулярно, а под некоторым углом, направленным по течению реки, то изгибы реки, кроме бокового роста, смещаются еще вниз по течению реки. При таком перемещении вниз верхние изгибы накладываются на нижние, и долина реки расширяется (рис. 46).

После расширения долины изгибы реки не исчезают, а делаются крупнее, в силу чего река получает возможность еще дальше расширять свою долину и раздвигать ее склоны. Наибольшее количество воды в реках бывает во время половодий, когда река разливается во всю ширину своей долины; поэтому наибольший размыв рекой своей долины в ширину совершается во время паводков, или половодий. Летом же река убирает свои воды в наиболее глубокую часть долины, где разрабатывает свое летнее русло. Пространство долины, заглаживаемое весной и освобождающееся от воды в летнее время, называется *поймой* или *заливным лугом*.

По мере того как река увеличивает свою долину в боковом направлении, длина реки возрастает, в силу чего скорость течения ее уменьшается. С уменьшением скорости течения падает живая сила реки, и когда наступает равновесие между живой силой реки, величиной трения о ложе реки и количеством переноси-

мых рекой воды и минерального материала, тогда наступает предел боковому размыванию рекой своей долины. После этого река начинает блуждать по своей долине, описывая крутые излучины, или меандры, но раздвигания склонов долины реки при этом уже не происходит.

Закон Бэра. Горизонтальное размывание наблюдается не всегда в одинаковой мере на обоих берегах реки. У рек северного полушария, текущих в меридиональном направлении, подмывается правый берег, а у рек южного полушария — левый берег, тогда как противоположные берега являются намывными. Объясняется это явление неодинаковой скоростью вращения Земли в различных широтах. На экваторе каждая точка Земли, в силу вращения последней вокруг своей оси, движется со скоростью 1666 км в 1 час; на 60° широты скорость движения в два раза меньше, а на полюсе она равна нулю. Реки, текущие к экватору, переходят из областей с меньшей скоростью в области с большей скоростью движения. Стремясь, в силу закона инерции, сохранить свою первоначальную скорость, эти реки будут отставать от движения Земли. Так как последняя вращается с запада на восток, то реки северного полушария будут ударяться и подмывать правый западный берег и отходить от левого берега (рис. 47 и 48); реки же южного полушария будут ударяться и подмывать левые западные берега и отходить от правых берегов. При течении от экватора к полюсам реки будут опережать движение Земли и поэтому подмывать в северном полушарии также свои правые, но восточные берега, а в южном — левые восточные берега. Зависимость между вращением Земли и характером подмывания меридиональными реками своих берегов впервые была замечена русским ученым Бэром, откуда это явление и получило название закона Бэра.

Ежегодная величина размывания суши реками. Как велик еже-

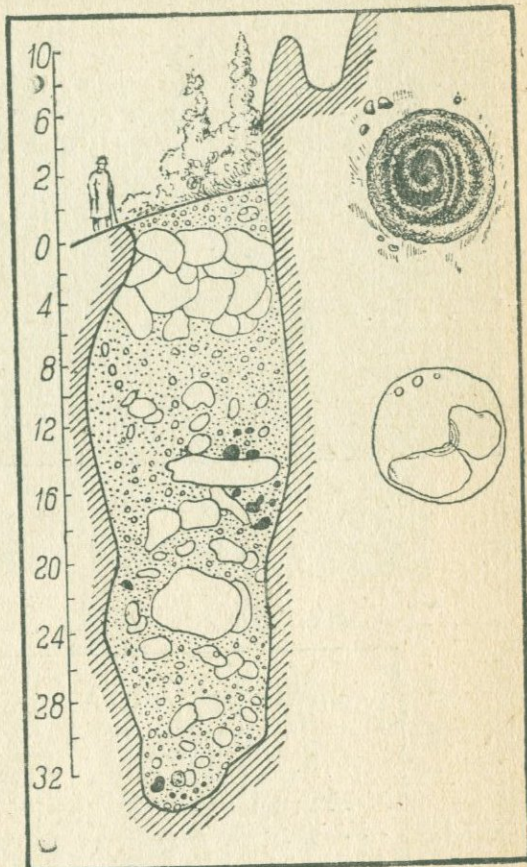


Рис. 43. Разрез „котла гигантов“, наполненного камнями и песком.

Направо вверх улиточный ход, оставляемый на стенках котла бурящими камнями, а ниже изображены в горизонтальной проекции бурящие камни.



Рис. 44. „Котлы гигантов“ в Мангышлаке (фот. М. В. Боярунаса).

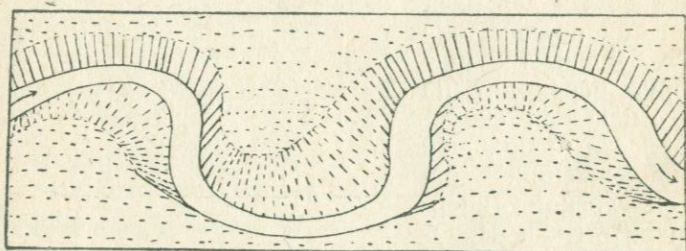


Рис. 45. Размывание рекой своей долины в ширину.

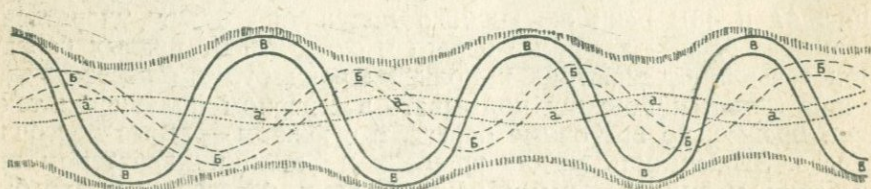


Рис. 46. Схема размывания рекой своей долины в ширину.
 а — первоначальная долина реки, б и в — последующие стадии развития изгибов реки и расширения долины:

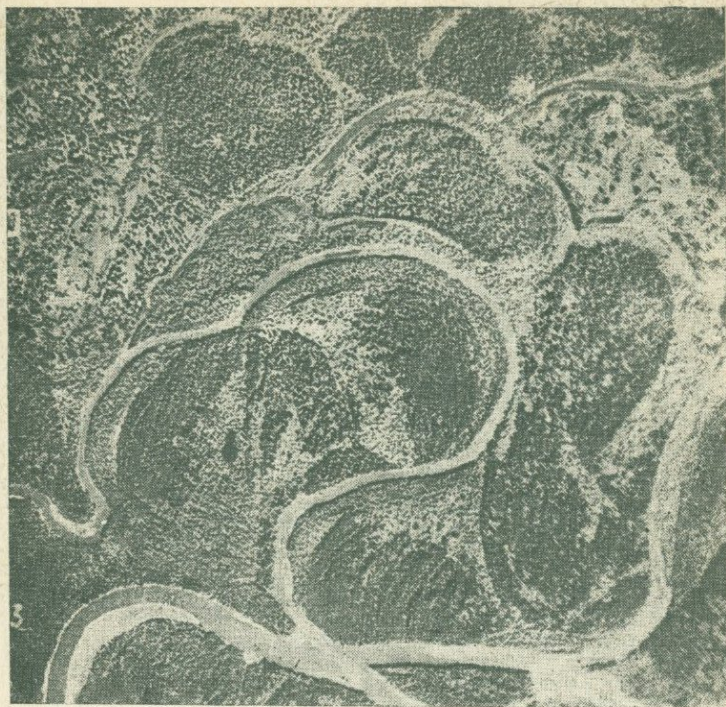


Рис. 47. Меандры р. Чулыма (Зап. Сибирь), сфотографированные с самолета.

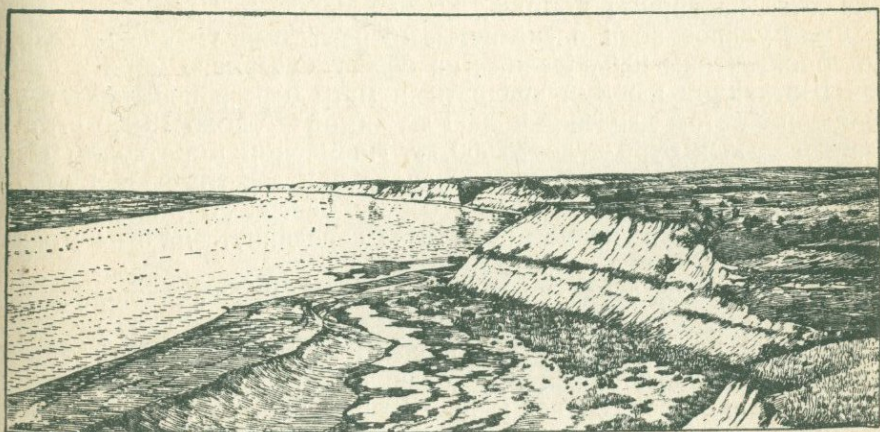


Рис. 48. Долина реки Волги под Сталинградом. Правый берег высокий, левый —
заливной, пологий.

годный размыв суши реками, можно представить себе из следующих соображений. Измеряя количество воды, выносимой рекой в море при устье реки, и наблюдая, какое количество минерального материала в виде ила, песка, галек и валунов пронесит она в море в механически взвешенном состоянии и путем перекачивания по дну в различные месяцы года, можно подсчитать общую сумму выносимых рекой в течение года минеральных веществ.

Таким путем высчитано, что река Миссисипи ежегодно выносит 211 500 000 куб. м минеральных веществ, что составит массу земли, площадью равную 2,6 кв. км, а высотой в 81,6 м. Река Ганг ежегодно выносит 180 000 000 куб. м, китайская река Хуанхе — 472 000 000 куб. м, Дунай — 35 000 000 куб. м, По — 11 480 000, Темза — 528 300 куб. м и т. д. Сложив общее количество ежегодного выноса минеральных частиц рек всего земного шара, получают общую сумму убыли суши путем размывания реками — около 10 куб. км в год.

7. Разрушение земной коры морем — абразия

Второй по значению при разрушении земной коры геологической силой является море.

Существующие в море постоянные различные волнения (приливы, бурные ветровые волны и т. д.) не оказывают почти никакого действия на морское дно. Передача колебания волны в глубину уменьшается в геометрической прогрессии: вертикальные колебания на глубине, равной половине длины волны, составляют только 0,04 колебаний на поверхности, а на глубине, равной всей длине волны, — только 0,002. Непосредственные наблюдения показывают, что глубина в 200 м является пределом механического действия волн на морское дно.

Главная сокрушительная сила морской воды сосредоточивается у высоких берегов, где набегающие волны с большой силой обрушиваются на горные породы, слагающие берег.

Сила ударов волн о скалистые берега бывает очень велика. По сорокалетним наблюдениям на берегу Северного моря в северной Шотландии каждый квадратный метр берега испытывает при волнениях летом давление в 3000 кг, зимой — около 10 000 кг, а во время сильных бурь — до 35 000 кг. На Черном море волны сбросили с мола в г. Туапсе сделанную из цемента глыбу в 8 куб. м. В заливе Вика в Шотландии на берегу Северного моря во время одной необычайно сильной бури была передвинута на 3—4 м часть искусственной дамбы в 800 т весом.

Под влиянием столь сильных ударов волн, действующих бесконечное количество раз в течение многих тысяч лет, не могут устоять даже самые прочные породы, и слагаемый ими берег разрушается. Сваливающиеся к основанию берега обломки скал подхватываются морскими волнами, которые, двигая их взад и вперед, ударяют ими о берег, как тараном, отчего разрушение берега ускоряется. Морской прибой, подкапывая береговой уступ, заставляет его постепенно отступать внутрь материка (рис. 49). Если

в начальной стадии берег был в точке А, то через некоторое время он передвинется в точку В, затем В и т. д. Однако размывание берега не может продолжаться бесконечно. Чем дальше отодви-

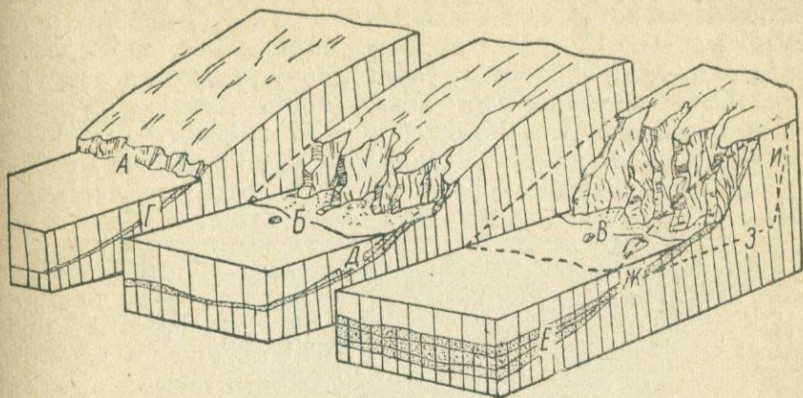


Рис. 49. Разрушение берега морским прибоем.

А, Б, В, З — последовательные стадии разрушения берега, Г, Д, Е — постоянное повышение дна прибрежной части моря от отложения продуктов разрушения берега.

гается крутой уступ, тем шире становится лежащая между ним и обычным уровнем моря так называемая пляжевая полоса (ЖВ— на рис. 49) и тем труднее становится доходить до него волнам,

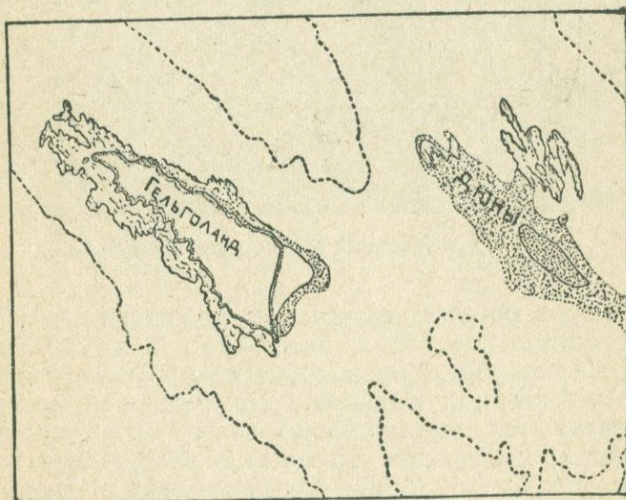


Рис. 50. Остров Гельголанд. Пунктиром обозначены его прежние размеры. Масштаб 1:50000. По Кайзеру.

так как поступательная сила их тратится на преодоление трения о пляжевую полосу. Когда последнее увеличится настолько, что даже наиболее высокие волны не смогут достигнуть крутого берега, размывающей работе моря наступает конец.

Так обстоит дело на морских берегах с небольшой амплитудой колебаний; но в некоторых местах суша, а следовательно и бере-

говая линия, подвергается медленным вековым колебаниям, состоящим из поднятий и опусканий с значительной амплитудой. Поднятие, например, совершается в настоящее время на всем Скандинавском полуострове, в Финляндии и по Европейскому и Азиатскому побережью Ледовитого океана, а опускание наблюдается по берегам всей Австралии. В местностях, опускающихся под уровень океана, последний получает возможность проникнуть в глубь суши, и тогда его размывающей работе нет предела. Море при своем наступлении на сушу спиливает, как пила, все неровности суши под один уровень. Горы и возвышенности при этом превра-

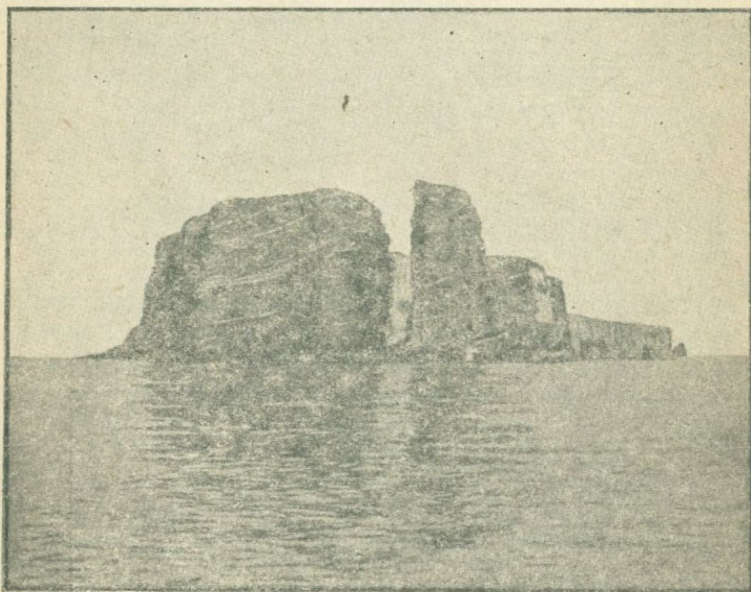


Рис. 51. Современный вид острова Гельгоlanda.

щаются сначала в острова, которые могут существовать более или менее продолжительное время, после того как остальная часть суши будет занята морем, но в конце концов и островные возвышенности исчезают под влиянием сокрушающей работы моря. Если такая размываемая морем область начнет затем подниматься и выйдет из-под уровня океана, то тогда возникает суша с *идеально равнинной поверхностью*. Такие срезанные морем равнины наблюдаются в Западной Сибири от Ледовитого океана до Киргизской степи, по бассейнам рек Оби и Иртыша, в Северном крае и в окрестностях Ленинграда.

Насколько быстро происходит размывание морем берегов, можно судить по следующим примерам. На берегу Северного моря в Шотландии, около Норфолька и Суффолька, море размывало берег с 1824 по 1829 г. полосой в 16 м в ширину. Балтийское море около Кольберга в Германии ежегодно наступает со скоростью от $\frac{1}{2}$ до 1 м. Берега пролива Ламанша ежегодно расширяются

в силу размывания на 2 м. Очень быстро размывается остров Гельголанд в Северном море. Еще в 1072 г. этот остров имел поверхность в 900 кв. км и славился плодородием, а теперь от него осталась длинная узкая скала, вышиной 660 м, площадью около $1\frac{1}{2}$ кв. км (рис. 50 и 51). В некоторых местностях размывание происходит значительно медленнее; так на берегу Средиземного моря в Алжире в течение 12 столетий береговая полоса уменьшилась только на 10 м. Размывание совершенно прекращается на берегах, испытывающих вековое поднятие.

8. Разрушение земной коры ледниками — экзарация

Вода разрушает земную поверхность не только в жидком состоянии, но и в твердом — в форме льда. В жидком состоянии, в виде рек и морей, вода действует повсеместно, вне зависимости от географической широты и климатических условий местности, тогда как в виде льда она является геологической силой только в высоких широтах и на высоких горах в областях с холодным климатом. Общая площадь, занятая в настоящее время ледниками, составляет 10% всей суши, причем 0,5% ледниковой поверхности приходится на высокие горы и 99,5% на полярные области.

Ледники или *глетчеры* возникают там, где количество выпадающего снега настолько велико, что он не успевает стаять в летнее время года. Это происходит или на высоких горах, или в высоких широтах в местностях, где количество выпадающих осадков сравнительно значительно и средняя температура года ниже 0°.

Выпадающий в таких местностях снег летом под действием солнечных лучей оплавляется с поверхности, причем каждая снежинка принимает форму ледяного зерна, часто сохраняющего в середине рыхлую белую снежную массу. Скопления такого рода ледяных зерен дают название *фирна*. На образовавшийся в течение лета слой фирна зимой выпадает новый слой снега, превращающийся затем летом также в фирн, перекрывающийся в следующую зиму опять слоем снега, и т. д. При постепенном увеличении фирнового покрова верхние слои фирна давят на нижние, в силу чего последние уплотняются, воздух, находящийся между зернами фирна, вытесняется, отдельные частицы фирна сливаются вместе, образуя прозрачный глетчерный лед, разбитый сетью капиллярных трещин на угловатые куски, или глетчерные зерна.

Формы ледников. В зависимости от количества выпадающего и неуспевающего растаять снега и от характера рельефа местности ледники принимают различную форму. Различают три главных типа ледников: альпийский, материковый или гренландский, и скандинавский.

Альпийский тип ледников образуется на высоких горах с острым зубчатым гребнем. Лучше всего такие ледники представлены в Альпах, откуда они и получили свое название. Ледники занимают здесь впадины и углубления, окружены скалистыми крутыми берегами и разобщены друг от друга. Формы таких ледников тесно зависят от формы рельефа местности. Область, где скоп-

ляется снег, дающий начало льду или область питания ледника, лежит в вершинах гор и имеет форму котловины или цирка; область же самого ледника, или область стока, имеет форму языка, обычно протягивающегося по долине в форме ледяной реки. На рис. 52 представлен один из таких ледников этого типа: ледник Федченко на Памире.

Материковый или гренландский тип ледников распространен в полярных странах и отличается громадными размерами. Форма этих ледников совершенно не зависит от характера рельефа подстилающей их поверхности. Толщина их покрова настолько значительна, что под ним скрываются все неровности ледникового ложа. Поверхность материковых ледников имеет форму выпуклого щита, медленно поднимающегося от краев к середине. Наи-



Рис. 52. Ледник альпийского типа (Памир, ледник Федченко).

Черные полосы по середине ледника — срединные морены.

более значительные материковые ледники находятся в Гренландии и на мало известном Антарктическом материке (рис. 53). Лучше всего они исследованы в Гренландии. Мощность гренландского ледника в центральной части, по данным Нансена, достигает 1900 м, а по новейшим исследованиям превосходит 2000 м, а площадь, занятая им, равняется 1,9 млн. кв. км. Только около берегов, где лед утончается, из-под ледника кое-где выставляются отдельные скалы — *нунатаки* (рис. 54), внутренние же части Гренландии совершенно скрыты под мощной толщей льда (рис. 55). Лед в гренландском леднике расплзается от центра во все стороны. Подходя по берегам Гренландии к морю, ледник опускается в него, некоторое время движется в прибрежной части морского дна, но затем, в силу меньшей плотности льда по сравнению с водой, взламывается отдельными участками и всплывает на поверхность в виде *ледяных гор* или *айсбергов*.

Скандинавский тип иначе называется *ледниками плато*. Лучше всего они представлены на Скандинавских горах. Лед залегает здесь нераздельной сплошной массой с плоской или слабо выпуклой поверхностью не от обилия льда, как в ледниках гренландского типа, а от платообразного, равнинного характера подстилающего его каменного ложа. Точно так же, как и гренландские ледники, ледники этого типа не ограничены берегами и, подходя

к своему краю, постепенно сходят на-нет или же спускаются с гор по глубоким ущельям — *фиордам* ледниковыми языками, по форме напоминающими ледники альпийского типа. Наиболее характерным из таких ледников является скандинавский ледник Юстедальсбре, имеющий поверхность 900 кв. км и спускающийся по глубоким долинам 20 короткими языками.

Движение ледников. Несмотря на то, что лед является телом твердым, он обладает способностью течь. Впервые это было подтверждено швейцарскими пастухами, наблюдавшими, что камни, упавшие с гор на поверхность ледника, перемещаются по леднику из года в год вниз. То же самое подтвердили более точные наблюдения, произведенные путем расстановки на поверхности ледника вех или линий камней, которые с каждым годом спускались все ближе и ближе к концу ледника (рис. 56). Путем таких наблюдений было установлено, что скорость движения льда в ледниках неодинакова и находится в тесной зависимости от величины ледника; в незначительных ледниках она меньше, в обширных ледниках увеличивается. Наибольшие из альпийских ледников не передвигаются в сутки более, чем на 0,21—0,4 м, а ледниковые языки гренландского ледника движутся со скоростью от 20 до 30 м в сутки.

Способность льда течь, сохраняя свое твердое состояние и не переходя в жидкость, объясняется присущим льду свойством скрытой пластичности. Таким же свойством обладают и еще некоторые тела; так например прямая палочка обыкновенного сургуча, будучи подвешена на своих концах, через некоторое время образует прогиб в своей средней части; еще лучше свойство скрытой пластичности сказывается у сапожного вара. Можно даже искусственно построить модель ледника, сделав форму его ложа из гипса и положив в той части модели, которая изображает область питания льда, куски твердого вара. Через некоторое время отдельные куски вара сольются, примут форму области питания и



Рис. 53. Ледниковый покров в Гренландии. Точками показаны крайние части острова, свободные от льда. Точками и черточками показаны горизонтالي на поверхности ледника. Масштаб 1 : 30 000 000. По Вальдштедту.

потекут по руслу ледника, не изменяя своего твердого состояния, точно так же, как течет лед в леднике.

Обладая пластичностью, лед в то же время является телом весьма хрупким. Поэтому более быстрое движение льда в середине, по сравнению с боковыми частями, где лед задерживается



Рис. 54. Гренландский ледник и нунатаки.

в силу трения о берега, приводит к разрыву льда и к образованию краевых трещин; точно так же очень резкие изменения в высоте ложа ледника вызывают нарушение его сплошности и образование поперечных трещин и ледопадов.

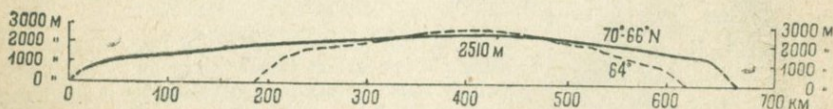


Рис. 55. Поперечный профиль Гренландии по Де-Кервену и Нансену. Сплошная линия—разрез Гренландии по $70^{\circ}66'$ с. ш., пунктирная—по 64° с. ш.

Лед в леднике течет из областей питания в области таяния. В ледниках альпийского типа лед движется из котловин питания, расположенных высоко в горах, по долинам в более низко лежащие местности. В гренландских и скандинавских ледниках лед движется из центральных частей, где накапливаются наибольшие массы снега, к периферии, подобно тому как расплзается тесто, вываленное из квашни на стол.

С течением льда в леднике не нужно смешивать продвижение самого ледника. Лед движется в леднике непрерывно, вне зависи-

мости от количества выпадающего снега и времени года, тогда как продвижение ледника зависит от соотношения между прибылью льда в области питания и убылью его от таяния в области стока. Ледник продвигается вперед только в том случае, если количество растаивающего льда в области стока меньше, чем количество притекающего льда из области питания. Если же таяние или убыль льда превышает его прибыль из области питания, то

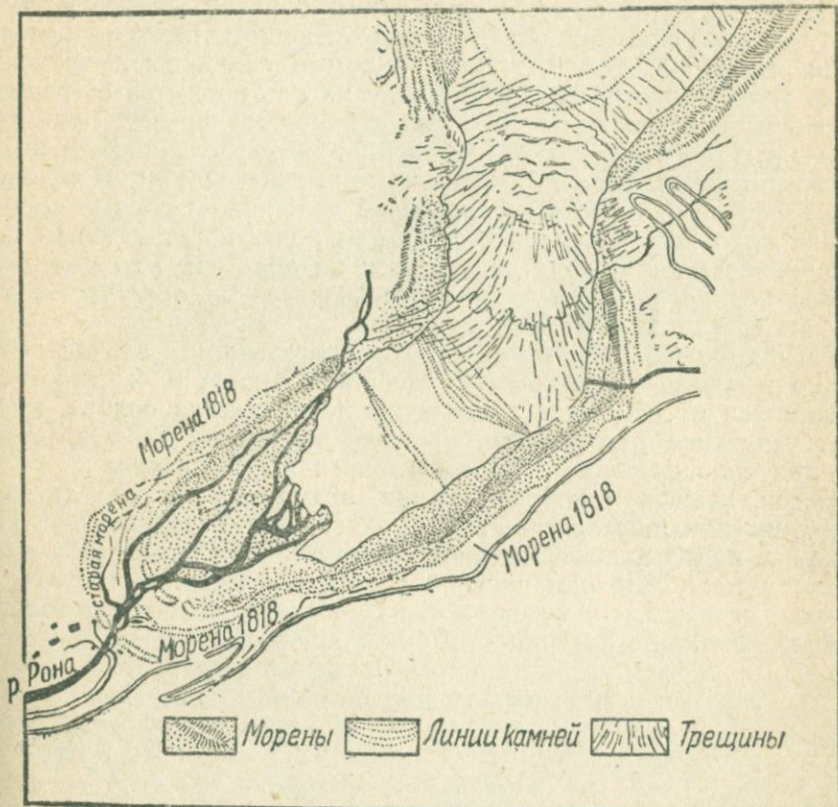


Рис. 56. Наблюдение над движением Ронского ледника посредством изменения линий положенных поперек него камней.

в таком случае ледник не продвигается вперед, а отступает назад, или, вернее, сокращается. В случае равновесия между прибылью и убылью льда наступает **стационарное** состояние ледника, и нижний конец ледника не сдвигается с места.

Действие ледников на земную поверхность. 1 куб. м льда весит 920 кг; при толщине ледника в 100 м каждый квадратный метр ледникового ложа испытывает давление в 92 000 кг, при толщине льда в 1000 м давление на квадратный метр ледникового ложа повышается до 920 000 кг. Если ледяная масса с таким громадным давлением движется по земной поверхности, то она должна оказывать на последнюю очень сильное разрушающее действие. И действительно: ледники на своем пути дробят, крошат и исти-

рают самые прочные горные породы, срывают скалы, стирают горы, выкапывают глубокие котловины, рытвины и борозды в земной коре. Деятельность движущегося льда называют выпахиванием и уподобляют работе глубоко забирающего землю плуга. Выпахиванию способствует проникающая в ложе ледниковая вода. Так как ледник с поверхности тает, то образующиеся талые воды частью текут по поверхности ледника, но гораздо чаще низвергаются в трещины среди льда и таким образом оказываются на дне ледника. Поэтому нередко под ледником находятся целые речки и потоки, текущие подо льдом в ледниковых туннелях. Часть воды просачивается в ложе ледника и, проникая в трещины слагающих ледниковое ложе горных пород, замерзает. При переходе из жидкого состояния в твердое вода увеличивается на $\frac{1}{11}$ своего первоначального объема. Развивающееся при этом большое давление оказывает распирающее действие на горные породы ледникового ложа, в силу чего породы лопаются, трещины в них увеличиваются, и порода распадается на обломки. Это так называемое *подледниковое выветривание* значительно облегчает выпахивающую работу льда.

Резкие колебания температуры окружающих ледник скал, сильно нагреваемых днем от действия солнца и быстро охлаждающихся от соседства с ледником после захода солнца, вызывают усиленное разрушение окружающих ледник горных пород, что получило название *перигляциального выветривания*.

Песок, щебень и крупные камни, включенные в дно ледника, при движении последнего также оказывают разрушающее действие на породы, лежащие под ледником. Под давлением выше лежащих масс льда они с силой трутся о подстилающие горные породы, стирают и выравнивают их, образуя гладкие, отполированные, блестящие поверхности; более крупные из обломков, давя на горные породы, своими острыми краями проводят в них борозды и шрамы, в виде параллельных линий, покрывающих находящиеся подо льдом скалы (рис. 57). По этим исстрихованным и сглаженным поверхностям скал легко узнать о пребывании некогда ледника там, где в настоящее время его уже нет.

О величине и значении выпахивающей деятельности льда в деле разрушения земной коры можно судить по изменению форм рельефа подледникового ложа после исчезновения ледника и по количеству разрушенных при процессе выпахивания горных пород, включенных в массу льда и известных под названием *морен*.

Альпийские ледники, получая начало в высоких горах, спускаются вниз и занимают долины, проложенные реками, существовавшими ранее до возникновения ледников. После занятия таких доледниковых долин льдом дальнейшее расширение и углубление их происходит уже под влиянием выпахивающей работы ледников. При улучшении климатических условий ледники могут или сократиться, или даже совершенно исчезнуть из занятых ими долин. Если сличить долины, освобожденные из-под льда, и долины, не бывшие подо льдом и образованные только одним речным размыванием, можно наблюдать между ними следующие различия.

Речные долины в горных областях в верхнем своем течении

имеют поперечное сечение в форме буквы V. Ледники преобразуют такую долину в корытообразную форму, получившую назва-



Рис. 57. Отшлифованная и изборожденная ледником скала на острове Суи-Сари (Онежское озеро).

ние *трога*; поперечное сечение трога имеет форму буквы U (рис. 58 и 59). Чем больше ледник, тем шире и глубже выпахивает он свой трог.

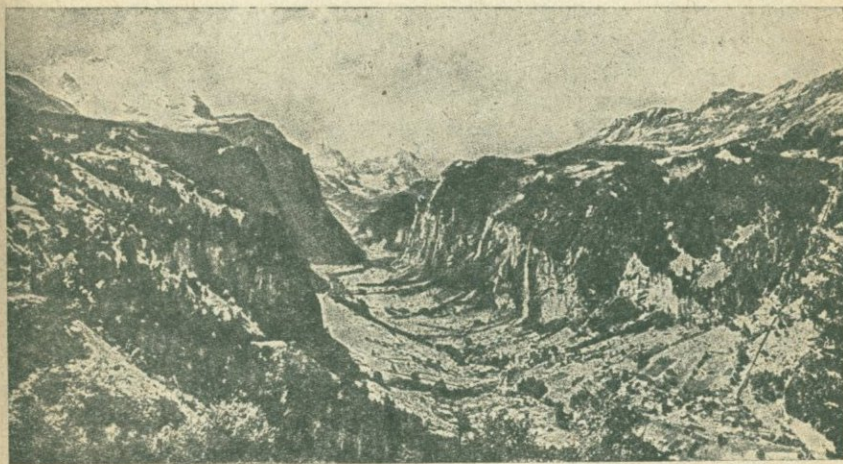


Рис. 58. Долина трог, выпаханная ледником (Альпы).

В областях отступления ледников гренландского и скандинавского типов трог встречается только по окраинам ледника, где от общего ледникового покрова отходят ледниковые языки. Выпахивающая деятельность обширных масс льда, не имеющих бере-

гов, сказывается на понижении всех возвышенностей, лежащих подо льдом, и в придании им мягких и округлых очертаний, наименее препятствующих движению проходящего через них льда.

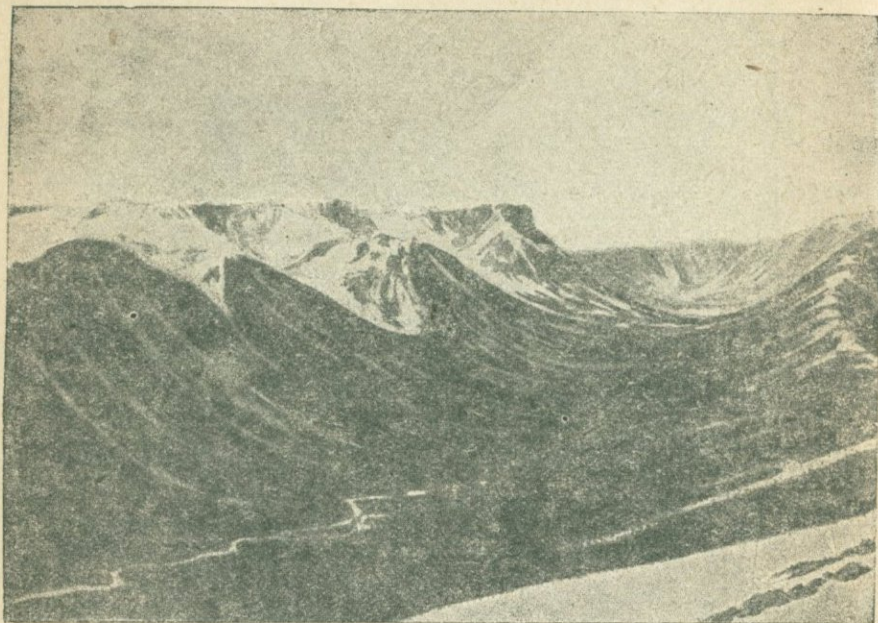


Рис. 59. Ледниковый трог в Хибинских горах на Кольском полуострове.



Рис. 60. Оглаженная ледником скала „барзвий лоб“ (Алтай).

Горы получают подушкообразный характер или же покрываются округленными буграми, расположенными друг около друга и издали напоминающими курчавую шерсть овец, отчего они и по-

лучили название *курчавых скал*. Многие скалы принимают форму вытянутых по направлению движения ледника овалов с пологим склоном, обращенным навстречу движению ледника, с крутым и обрывистым — направленным в противоположную сторону по движению ледника. С поверхности такие скалы хорошо оглажены и часто покрыты полировкой и шрамами. За сходство их с покатым лбом барана их называют *бараньим лбом* (рис. 60).

9. Разрушение земной коры ветром — дефляция

Каждому, вероятно, приходилось видеть, что даже легкий ветерок может поднимать с поверхности земли облака пыли. Более сильный ветер несет песок, а сильные бури в состоянии увлекать камни, величиной с куриное яйцо. Ветер способен не только уносить пыль, песок и другие продукты выветривания и разрушения горных пород, но он может и сам отрывать, развеивать и разрушать горные породы. Стоит подняться на вершину какой-нибудь старинной башни или на колокольню древней церкви, как часто внутри ее под сводом можно найти в твердом кирпиче следы разрушающей работы ветра. Прекрасный пример в этом отношении представляет Сумбекина башня в Казани, выстроенная еще в XV столетии во время существования татарского царства. Стены этой башни построены из прочного кирпича, сделавшегося за давностью времени почти слитым. В самой верхней части башни стены с внутренней стороны усеяны пустотами и углублениями в виде карманов овальной или продолговатой формы. Так как такие карманы находятся внутри башни и защищены от действия дождя сводами и стенами, то единственным деятелем, который мог высверлить эти углубления в твердом камне, является ветер, врывающийся в башню через открытые амбразуры.

Такие наглядные примеры разрушающей силы ветра в нашем климате, где земля покрыта сплошным покровом лесной или травянистой растительности, защищающей ее от развеивающей деятельности ветра, сравнительно редки. Но стоит попасть в сухие степи или в пустыни, где растительность очень редка или даже совершенно отсутствует на больших пространствах, как проявление геологической деятельности ветра можно наблюдать на каждом шагу. Посмотрим сначала на попадающиеся здесь у нас под ногами отдельные камни. С поверхности многие из них имеют хорошо выраженные грани, пересекающиеся под острыми углами и придающие камням форму пирамидок. Это так называемые *эоловые многогранники*, возникающие благодаря обтачиванию их тонимым ветром песком (рис. 61). Во время сильных ветров песчинки несутся по земле, образуя песчаные струи и потоки. Когда на пути таких струек встречается камень, то они огибают его по бокам, причем стороны камня обтачиваются песчинками и приобретают ровные плоскости, разделенные друг от друга острыми гранями. Если ветер начинает гнать песчинки с какой-нибудь другой стороны камня, то образуются новые грани с другой стороны, пересекающиеся с прежними под острым углом. Таким образом и возникают эоловые многогранники.

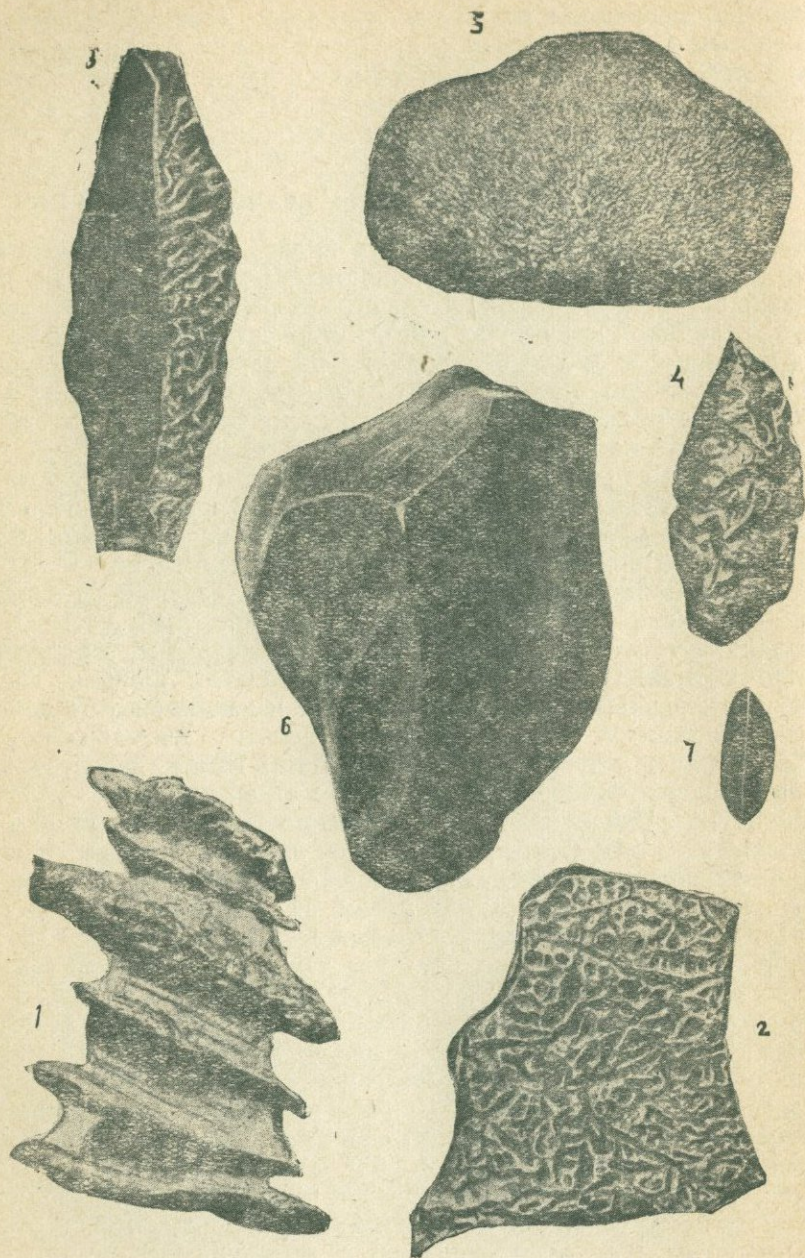


Рис. 61. Формы обтачивания камней действием песчаных струй.

1 — выступы твердых частей на доломите, Сахара; 2 — ячейки на плитчатом известняке, Сахара; 3 — червеобразные впадинки на известковом обломке, Алжир; 4 — изъеденное палеолитическое орудие, Сахара; 5 — червеобразные впадинки, расходящиеся от одного центра, известняк, Алжир; 6 — огранный валун, Аргентина; 7 — огранный валун, Сахара.

Увлекаемые ветром песчинки точат не только отдельные камни, но и целые скалы, покрывая их ямками, желобками, просверливая в них отверстия и углубления подобные тем, что на рис. 61 представлены на отдельных кусках горных пород (см. рис. 61 — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Насколько велика бывает сила удара таких песчинок, можно судить по тому, что стекло, поставленное навстречу песчаному потоку, за одну бурю делается матовым. Телеграфные проволоки на Ташкентской железной дороге приходится менять через каждые 11 лет, так как они под действием летучего песка так истачиваются, что рвутся, не будучи в состоянии выдержать собственной тяжести.

Обтачивающее действие песчинок может сказаться на горных породах только до той высоты, до которой их поднимает ветер.

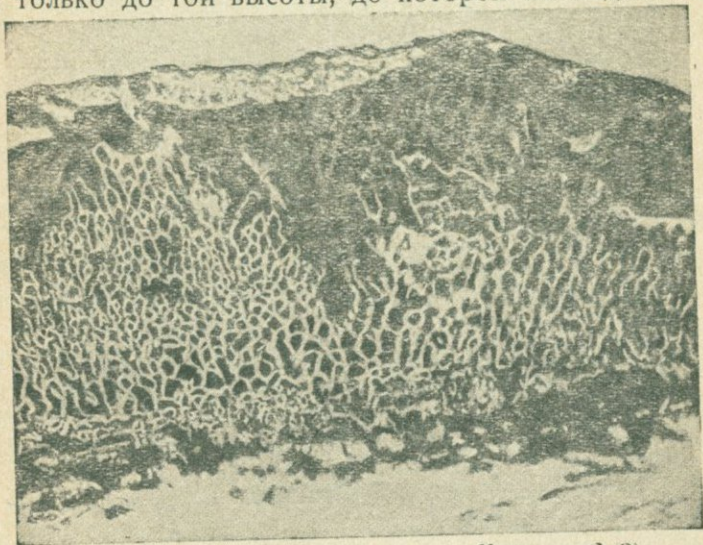


Рис. 62. Каменное кружево (Мангышлак, Казахская ССР).

Но так как даже во время сильных бурь песчинки поднимаются на незначительную высоту (выше 3 м от поверхности взлетают лишь мелкие песчинки в 0,2 мм диаметром), то разрушающая деятельность гонимого ветром песка может сказываться лишь в основании пустынных скал, выше же последние находятся в области действия одного только ветра.

Во время ураганов давление движущегося воздуха может достигать 111 кг на 1 кв. м. Ветры средней силы обладают меньшей динамической способностью, но зато они дуют чаще и продолжительнее, в силу чего действие их на твердые горные породы не меньше, чем сильных ураганов. Под влиянием динамического воздействия ветра все скалы в пустыне являются источенными и изъеденными отверстиями и впадинами, из которых одни очень малы и напоминают кружево (рис. 62), другие достигают громадных размеров и представляют целые пещеры (рис. 63). Некоторые из таких пустот идут наклонно внутрь скал, и тогда им дают название *каменных карманов*.

Если скалы сложены из неоднородных горизонтальных пластов,



Рис. 63. Пещера в гранитной скале, образованная дефляцией, Казахстан, Кокчетавский район (по фот. В. П. Дробова).



Рис. 64. Каменные карнизы в граните, Казахстан (по фот. Дробова).

то больше выдуваются ветром мягкие пласты, от чего на месте их образуются желоба, над которыми нависают *каменные карнизы* из более твердых пород (рис. 64).

Иногда ветер отделяет от скал отдельные утесы, колонны и столбы, которые получают очень разнообразные формы. Если сверху столба находится более прочная порода, чем лежащие в его

основании, то тогда, благодаря развеванию последнего, возникают *каменные грибы* (рис. 65), *каменные птицы*, *шаровидные камни* и другие подчас очень причудливые формы скал (рис. 66, 67, 68, 69, 70). В некоторых местах ветер выдувает почти полностью из-под больших глыб их более рыхлые основания, в силу чего глыбы опираются на свои подставки ничтожной частью своей поверхности (рис. 71). В дальнейшем такие глыбы обычно сваливаются с своего пьедестала; но если центр тяжести таких глыб окажется на одной линии с точкой опоры, то тогда они превращаются в *качающиеся камни*, приходящие в движение от дуновения ветра (рис. 71). Ветер может отделить от скло-

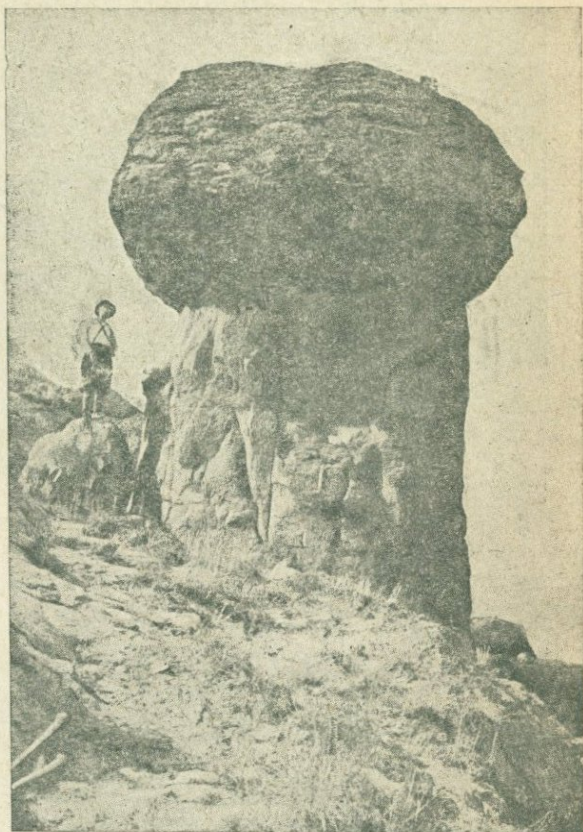


Рис. 65. Каменный гриб. Мангышлак. (По фот. М. В. Боярунаса).

нов возвышенностей и гор не только отдельные каменные столбы, но и целые возвышенности. Последние под действием развевания понижаются, сокращаются и уменьшаются, превращаясь в так называемые *останцы* (рис. 72).

Останцы очень часто попадают на периферии размываемых возвышенностей, опоясывая их целым рядом колец. Величина останцев уменьшается по мере удаления от центральных частей возвышенности, и наиболее удаленные из них едва поднимаются над окружающей равниной. Каждый из таких останцев подвергается развеванию; наиболее старые из них и наиболее удаленные от центральной возвышенности имеют наименьшие размеры, тогда как ближайшие к возвышенности останцы почти не отличаются от



Рис. 66. Камни, оставшиеся после разветвения заключавшей их менее устойчивой породы. Мангышлак.

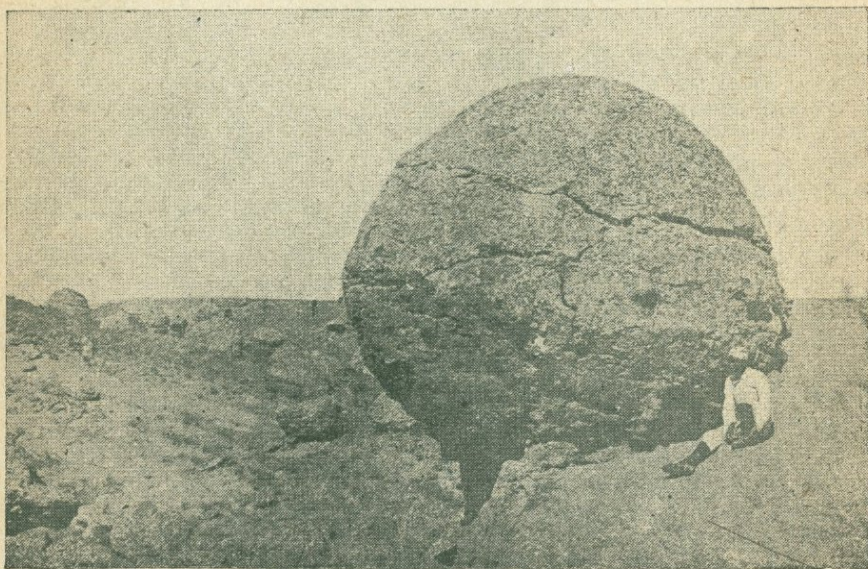


Рис. 67. Каменные шары — конкреции, оставшиеся после разветвения заключавшей их менее прочной породы. Мангышлак (по фот. М. В. Баярунаса).

нее по своей высоте. С исчезновением одних останцев от края возвышенности отделяются новые, охватывающие возвышенность все более тесным кольцом. По мере отделения останцев горы все более и более разрушаются, и, когда последний центральный оста-



Рис. 68. Эоловые колонны на Яйле в Крыму (фот. П. А. Двойченко).

нец будет развеян ветром, вместо прежней возвышенности выступает каменистое основание в виде слабо волнистой поверхности, усыпанной уцелевшими от разветвления обломками более твердых пород.

V. ПРОЦЕССЫ ОТЛОЖЕНИЯ И ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Продукты разрушения горных пород не остаются на своем месте, а сносятся ветром, водой и льдом в наиболее пониженные части земного шара, где и скопляется в больших массах. Области скопления продуктов называются *областями отложения*, и отлагающиеся в них минеральные массы получили названия *осадочных пород*, или *корочек осадков*.

Процессы отложения осадков могут совершаться всюду: щебень, получающийся от физического выветривания скал, сваливается к их подножью и образует *конусы осыпания* (рис. 73); выпавший дождь смывает рыхлые минеральные частицы вниз и отлагает их по склону или при основании склона в виде *делювиального шлейфа*;



Рис. 69. „Ведьма“, Китайская Джунгария (по В. А. Обручеву).



Рис. 70. Скала „Корова“ в Казахстане (по фот. В. П. Дробова)



Рис. 71. Качающиеся камни (Буэнос-Айрес).

река оставляет на своем дне мели. Но все такого рода отложения носят временный характер: конус осыпания будет размыт сильным дождем или подошедшей к его основанию рекой; глинистые частицы будут передвинуты следующим дождем еще ниже по склону; мели, отложенные в реке, будут сдвинуты вниз по реке при новом половодье. Вообще, отложенные на суше осадки не вечны, и процессы отложения осадков чередуются здесь с процессами сноса и разрушения, причем последние берут верх над первыми; поэтому материка в конечном счете оказываются областями сноса, а не отложения осадков. Этим объясняется, почему области кристаллических щитов, несмотря на очень большой промежуток времени, в течение которого они были сушей и подвергались процессам выветривания и разрушения, не только не потонули в своих собственных продуктах раз-

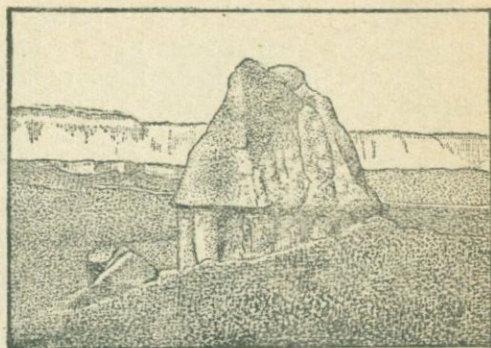


Рис. 72. Останец (Мангышлак).

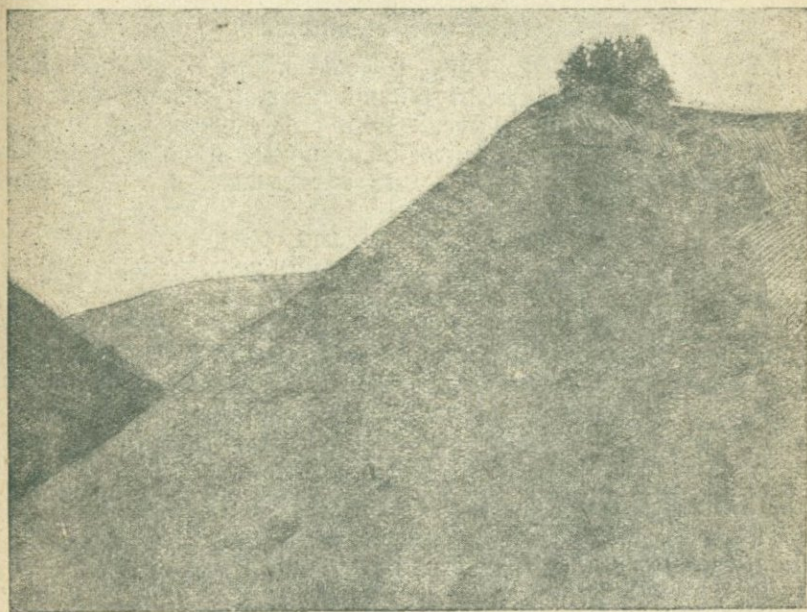


Рис. 73. Конус осыпания, Закаспийская область (по фот. К. К. Матвеева).

рушения, но, наоборот, совершенно очищены от них. Нужны особенно благоприятные условия, чтобы осадки, отложившиеся на суше, не были уничтожены. Вот почему в наиболее древних частях

материков осадочная кора обычно отсутствует, и континентальные породы сравнительно редко встречаются в земной коре.

Главной областью отложения является дно моря, причем: реки сносят сюда смытый с материков химический и механический материалы, ветры — эоловую пыль, ледники и откалывающиеся от них айсберги — морены, морские волны — продукты размывания берегов; в виде непрерывного дождя сыплются с поверхности моря на его дно известковистые и кремнистые скорлупки отмерших планктонных животных и растений. На дне моря откладывается большая часть продуктов разрушения материков и там же скопляются все морские осадки животного и растительного происхождения. Процесс накопления осадков здесь происходит постоянно и непрерывно в течение очень длительных периодов времени, и отложенные здесь осадки не тревожатся до тех пор, пока морское дно остается подводной поверхностью. Понятно поэтому, что осадочная кора образуется главным образом на дне моря, и большинство осадочных пород является породами морского происхождения.

1. Континентальные осадочные породы и их образование

Континентальные осадочные породы по способу их образования распадаются на три группы: *обломочные, химические и органические.*

Обломочные породы

К группе обломочных пород относятся все осадочные породы, образовавшиеся из продуктов физического и механического раздробления и разрушения других пород. По характеру производящего их геологического деятеля обломочные породы разбиваются на породы или осадки: *отлагаемые текучими водами, ледниковые и эоловые.*

Осадки, отлагаемые текучими водами, разделяются на осадки, образуемые дождевыми и тальными водами, *делювиальные — пролювиальные* и речные или *аллювиальные.*

Делювиальные осадки. Дождевые и талые воды при своем течении захватывают с поверхности земли выветренный материал коренных горных пород и отлагают его на склонах или при основании возвышенностей в форме *делювиальных шлейфов* (рис. 74). В горах, где склоны достигают значительной крутизны, такие шлейфы состоят из более крупного щебневого материала; в равнинных местностях, где уклоны незначительны, делювий состоит из более мелкоземистых частиц, представляющих смесь глины и песка, называемую *делювиальным суглинком.* Последний обычно окрашен в желто-бурый или красновато-бурый цвет, неслоист, порист и распадается на куски по вертикальным трещинам (рис. 75).

Пролувиальные осадки. В горных местностях нередко наблюдаются русла, проложенные эпизодическими бурными потоками, возникающими от быстрого таяния снегов в горах или от очень сильных ливней. Обыкновенно такие русла сухи или несут в себе очень слабые струи воды. Но, переполняясь водой от быстро по-

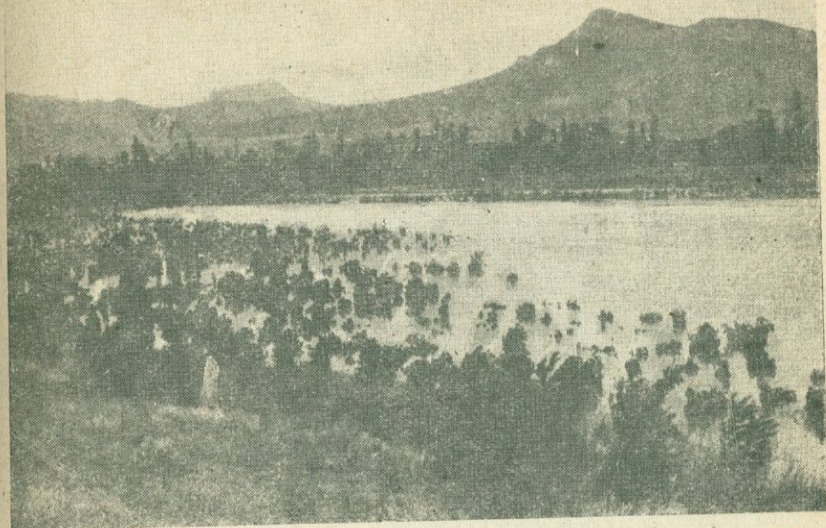


Рис. 74. Делювиальные шлейфы гор в Крыму (Судак).



Рис. 75. Делювиальные отложения у горы Георгия в Судаке (Крым).

На заднем плане слева — гора Георгия, сложенная известняками. Перед ней слабо наклонная равнина с редкой кустарниковой растительностью — древний *делювиальный шлейф* из желто-бурого суглинка с известняковой щебенкой. На переднем плане — современные овраги, врезающиеся своими вершинами с противоположных сторон в делювиальный шлейф. Направо плоская возвышенность — остаток от размывания еще более древнего делювиального шлейфа, примыкающего к горе Георгия по направлению пунктирной линии.

ступивших в них талых вод или проливных дождей, они превращаются в бурные потоки из воды, перемешанной с грязью, камнями и илом. Такие потоки в Альпах носят название — *муры*, а на Кавказе и Средней Азии — *сили*. При выходе из гор на равнину такой грязевой поток отлагает увлекаемые им минеральные массы в виде *конуса выноса*, сложенного из неслоистого обломочного малоокатанного материала — глины, песку, щебня и камней, называемого *пролювием* (рис. 76).



Рис. 76. Прорезающий горный хребет пересыхающий поток и его конус выноса. Средняя Азия. Снимок с аэроплана.

Речные — аллювиальные осадки отлагаются рекой в долине, на речном дне и при устье реки. Отложение осадков в долине реки происходит главным образом во время половодий, когда река разливается во всю ширину своей долины. Наиболее быстрое течение и наибольшая масса воды приходится во время половодья по середине реки, в наиболее глубокой части ее русла, куда и увлекается крупный обломочный материал. В боковых же частях долины, где течение слабее и количество воды меньше, несется мелкий обломочный материал — мелкий песок и глинистые частицы. Как только вода в реке начинает спадать, переносимые ею ранее минеральные частицы начинают отлагаться, образуя горизонтальные

слои глины и песка, слагающие заливную террасу или пойму реки (см. рис. 40).

Крупные обломки увлекаются рекой по наиболее глубокой части русла реки. Чем больше воды в реке и чем быстрее течение ее, тем крупнее камни может переносить река. Наиболее крупный материал река переносит в своем верхнем течении, где в силу малой разработанности ее ложа течение реки носит бурный характер, в особенности в гористых местностях. В русле горных потоков нередко можно наблюдать крупные валуны до 1 м в диаметре. Вода катит их по своему дну, причем от трения и от ударов друг о друга такие камни получают округленную форму. Чем дальше вниз по течению передвигаются такие валуны, тем больше они истираются и уменьшаются в объеме. Когда величина округленных камней достигнет размеров куриного яйца и меньше, их называют *галькой*. В дальнейшем гальки перетираются в песок и мелкий ил. Валуны отлагаются на дне реки в верхнем течении, галька и

крупный песок — в среднем, мелкий песок и ил — в нижней части реки, а частью выносятся в море. Все отложения в русле реки носят временный характер, так как, отложившись при спаде воды в реке, они снова переносятся при следующем подъеме ее. В конечном счете большая часть речных осадков сносится к устью реки, где или отлагается в области дельты реки, или уносится далее в море.

Дельты. Движущиеся воды реки, вступая при устье ее в бассейн со стоячей водой, теряют свое поступательное движение, в силу чего принесенный ими обломочный материал оседает на дно бассейна. Он отлагается на прибрежном откосе dna бассейна слоями, постепенно утончающимися в сторону моря (рис. 77). Близ берега слои образованы из более крупного материала, далее в сторону моря минеральные обломки делаются все меньше и меньше, переходя в мелкий песок и глину. Около берега слои падают под углом в 20—30°, но с удалением в сторону моря угол падения

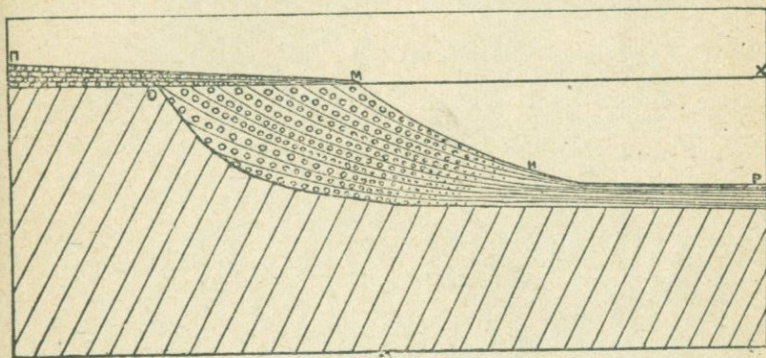


Рис. 77. Строение дельты в продольном сечении.

слоев уменьшается. Когда косо наклонные слои нарастут до уровня воды и сделаются дном реки, тогда речные наносы начинают отлагаться поверх их горизонтальными слоями.

Речные наносы от места впадения реки в море отлагаются на дне последнего в форме плоского конуса, вершиной обращенного к устью реки, а расширяющимся основанием в сторону моря. Когда такой конус поднимается до уровня моря, то на поверхности воды он принимает очертания греческой буквы дельты — откуда и пошло название такого рода отложений — дельта (рис. 78).

Рост дельт совершается с различной скоростью: дельта р. Терек ежегодно выдвигается в Каспийское море на $\frac{1}{2}$ кв. км; дельта р. Дуная с 1830 по 1861 г. увеличилась на 22 кв. км; дельта р. Миссисипи нарастает со скоростью 80 м в год.

Величина дельты может служить показателем количества сноса минеральных масс, совершаемого реками с площади своих бассейнов. Дельта рек Ганга и Брахмапутры имеет размеры в длину 354 км, а в ширину 321,8 км; площадь дельты р. Миссисипи имеет в длину 320 км, в ширину 300 км; дельта Волги занимает площадь в 12 000 кв. км; Аму-Дарья — 10 000 кв. км. Дельты образуются, однако, не у всех рек, они имеются у рек, впадающих в бассейны,

не подвергающиеся сильным приливам и отливам. Реки же, оканчивающиеся в морях с сильными приливами и отливами, имеют воронкообразные устья, называемые *эстуариями*, а дельт не образуют, так как приносимый реками материал уносится далее в море приливыми и отливными течениями.

Ледниковые осадки. Все продукты разрушения горных пород, образующиеся благодаря выпаживающему действию ледника, вбираются в придонную часть ледника и движутся вместе с последним в виде *нижней*, или *донной морены*. Последняя состоит из

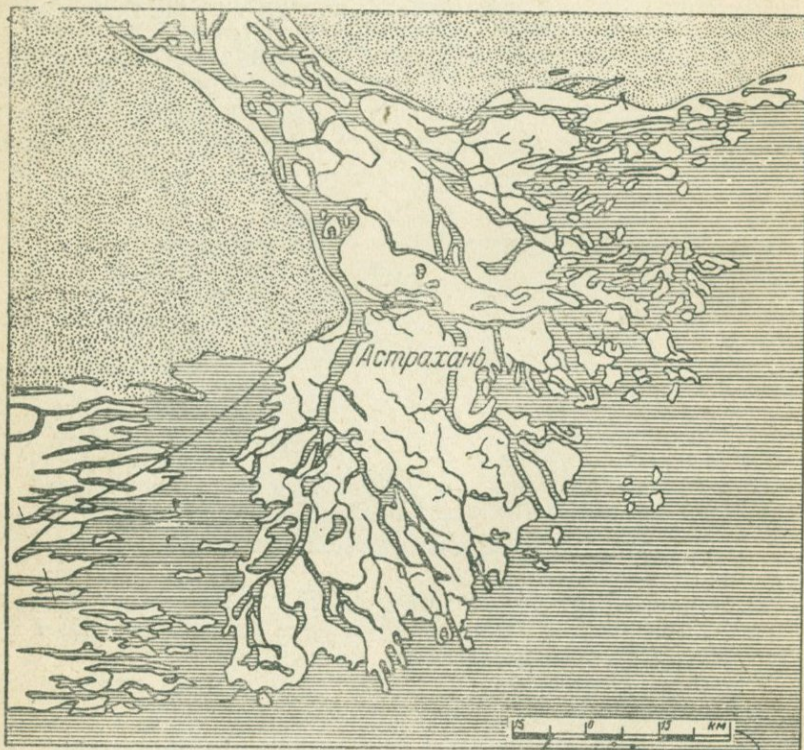


Рис. 78. Дельта р. Волги. Масштаб 1:1500000.

больших и маленьких камней, мелкого щебня и ила, образующихся от трения о ложе ледника переносимого ледником материала. Под влиянием трения резкие углы и ребра камней сглаживаются, и последние превращаются в полуокатанные валуны.

Некоторые камни, находясь на дне ледника и подвергаясь долгое время при движении ледника трению об его ложе одной и той же стороной, оказываются как бы срезанными, причем плоскость среза нередко делается отшлифованной и покрытой штрихами и бороздами (рис. 79). Такого рода камни называют *фасеточными* и *исштрихованными валунами*.

Но кроме нижней морены ледник несет на себе поверхностные

морены, образующиеся из продуктов выветривания горных пород, сваливающихся на края ледника с окружающих его скал. Из этих обвалов по краям ледника образуются валы *боковых морен* (рис. 80). Если несколько ледников сливаются вместе, то их смежные боковые морены соединяются и образуют *срединную морену*. Материал боковых и срединных морен состоит из остроугольных глыб и щебня. Фасеточных и иштрихованных валунов среди них не встречается. Поверхностные морены присущи преимущественно ледникам альпийского типа.



Рис. 79. Иштрихованный ледниковый валун (по фот. М. А. Лавровой).

Как поверхностные, так и нижняя морены передвигаются вместе с ледником по направлению к его окраине. Если ледник находится в стадии наступления, т. е. нижний конец ледника про-

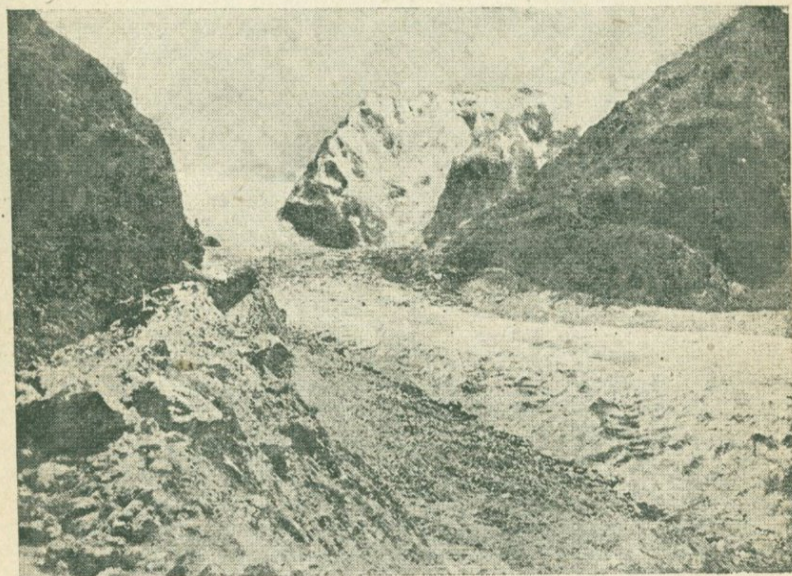


Рис. 80. Цейский ледник на Кавказе. Слева большая боковая морена.

двигается вперед, то морены продвигаются вместе с ледником. Но если ледник приходит в стационарное положение, когда его нижний конец остается на месте, то доставленные льдом к краю ледника поверхностные и нижние морены скопляются в силу таяния льда при

окончании ледника в виде вала — *конечной морены* (рис. 81). Высота и размеры конечной морены зависят от продолжительности стационарного положения ледника и от размеров ледника. Если ледник испытал не одно, а несколько стационарных положений, то и конечных валов может быть по числу остановок ледника (рис. 82).



Рис. 81. Вал конечной морены перед концом отступающего языка гренландского ледника Сермиарсута.

Так как конечная морена образуется из материала всех морен, то в составе ее встречаются и угловатый щебень и полуокатанные валуны, перемешанные с песком. Кроме того в отложениях, накапливающиеся на краю ледника, проникают талые воды последнего и отчасти перемыкают моренный материал, в силу чего в конечных моренах наблюдается некоторая сортировка материала и грубая слоистость. Чем выше вал конечной морены, тем труднее становится проникать через него талым водам ледника. Последние

скопляются между краем ледника и валом конечных морен, постепенно повышаются в своем уровне, пока не прорвут вала конечной морены. Вытекая из-под ледника, талые воды содержат в себе много мелких камней, песка и ила, вымываемых ими из морены. Прорвав вал конечной морены, подледниковые ручьи разливаются позади ее; выносимые ими продукты размывания морен, благодаря

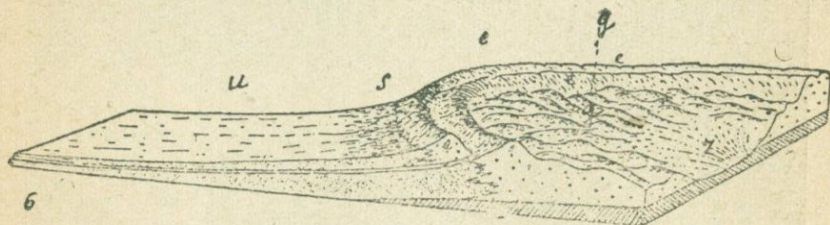


Рис. 82. Схема ледниковых отложений.

z — котловина выпадения; *g* — моренный холмистый покров; *e* — пояс конечных морен; *u* — зандры; *s* — переходный конус между конечными моренами и зандрами.

ослаблению силы движения воды, откладываются за валом конечной морены в виде пологого конуса. Так как прорыв талыми водами конечной морены происходит во многих местах, то таких конусов выноса перемытых ледниковых наносов образуется несколько. Вершины конусов разобщены друг от друга, но расширяющиеся основания их соединяются вместе и сливаются в одно сплошное ровное песчаное поле. Подобные поля называются зан-

драми, а слагающие их слоистые пески — флювио-гляциальными (ледниково-ручейковыми) осадками. ↙

Если ледник, после пребывания более или менее продолжительное время в стационарном положении, начинает снова наступать, то стирает и вал конечной морены и зандровое поле. Если же после остановки ледник сокращается в своих размерах и отступает к вершине, то все находящиеся в нем морены, в силу растаивания льда, опускаются на ложе ледника. Так как даже во время сокращения ледника не прекращается движение льда из области питания к концу ледника и, следовательно, не останавливается и подвоз по льду моренного материала, то больше всего морен оказывается в окраинной части ледника. Отлагаясь здесь в силу тая-



Рис. 83. Холмистый моренный покров (Алтай).

ния на ложе ледника, морены образуют наиболее мощные скопления, имеющие форму неправильных холмов различной высоты, разделенных друг от друга впадинами, заполняемыми обычно водой и превращающимися в блюдцевидные озера. Эта область холмов из моренного материала, располагающаяся тотчас же за конечной мореной в направлении отступления ледника, называется *холмистым моренным покровом* (рис. 83). К вершине ледника моренные холмы постепенно понижаются, толщина моренного покрова утончается и поверхность моренных отложений принимает более равнинный характер.

Нижняя морена, из которой главным образом слагается холмистый моренный покров, состоит из полуокатанных валунов, перемешанных в беспорядке, без следа слоистости, с мелким щебнем, песком и глиной; такого рода осадок называют *валунным суглинком*.

Поверхностные боковые и срединные морены при таянии льда

отлагаются поверх нижней морены в форме *продольных моренных валов*, образованных из глыб и угловатого щебня.

Эоловые осадки. Под эоловыми осадками обозначаются отложения, переносимые ветром. Они подразделяются на пески и пылевые отложения.

Пески. Гонимый ветром песок движется по поверхности земли до тех пор, пока не встретит какого-нибудь препятствия в виде камня, куста, дерева, неровности почвы и т. п. Если препятствие является сплошным (камень, дерево), то песок, задержавшись перед



Рис. 84. Песчаные холмики-косы, образовавшиеся позади кустов. Стрелка показывает направление ветра.

препятствием, скучивается в бугорок, который в дальнейшем сам является преградой для движения песка; если же препятствие будет не сплошным, например, кустарник или трава, то песок отлагается в форме холмика-косы позади препятствия (рис. 84). Постепенно задерживающий песок бугор или холмик-коса растет и превращается в холм; с наветренной стороны холм получает пологий склон около $5-12^\circ$; песчинки, подымающиеся под влиянием ветра по пологому склону, достигнув вершины холма, далее падают отвесно к основанию его, в силу чего подветренный склон холма имеет крутой уклон в $30-33^\circ$. Те песчинки, которые поднимаются вверх по наветренному склону, в середине холма движутся медленнее, чем песчинки, передвигающиеся в основании наветренного склона холма; в силу этого спереди холма, по бокам его, вырастают рога из песка, и холм в плане получает форму полумесяца с вогнутостью на подветренной стороне. У туркмен в Закаспии подобные песчаные холмы получили название *барханов* (рис. 85), откуда это обозначение перешло и в науку. Одиночные барханы встречаются редко; обычно они сливаются вместе в обширные пространства песков, получившие за свое сход-

ство с взволнованной поверхностью моря название *песчаных морей* (рис. 86).

Размеры песчаных морей часто очень обширны: в пустыне Сахаре область, занятая песками, составляет $\frac{1}{9}$ всей площади Сахары,

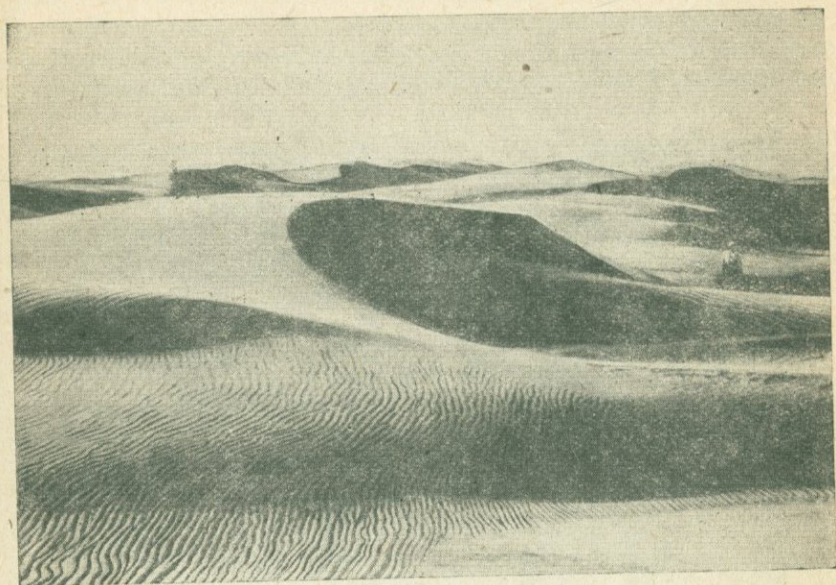


Рис. 85. Барханы в Туркестане.

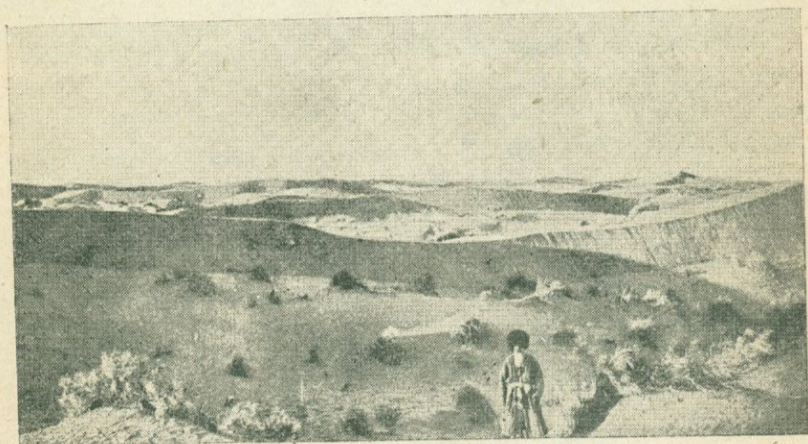


Рис. 86. Песчаное море Каракумов. По фот. В. А. Дубянского.

в китайской пустыне Ханхай под песками находится 30 000 кв. географических миль, в Средней Азии — 20 000 кв. географических миль.

Состав барханного песка зависит от характера тех горных пород, из развевания которых образуются пески. Главным преобладающим минералом в них является кварц, принимающий форму

окатанных зерен величиной около 0,5—0,25 мм диаметром; далее в составе песка встречаются листочки слюды, зерна роговой обманки, пироксена, граната и других минералов; кроме того в барханных песках присутствует всегда некоторое количество глины — от 5 до 12%.

Эоловые пески могут образовываться не только в сухих континентальных областях, но всюду, где геологические деятели разрушают и раздробляют горные породы, и где земная поверхность не

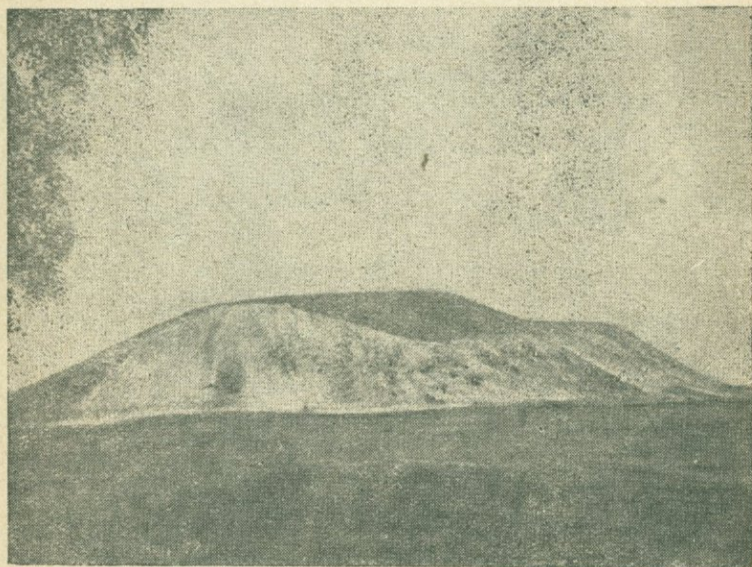


Рис. 87. Дюны на берегу Балтийского моря в Латвии.

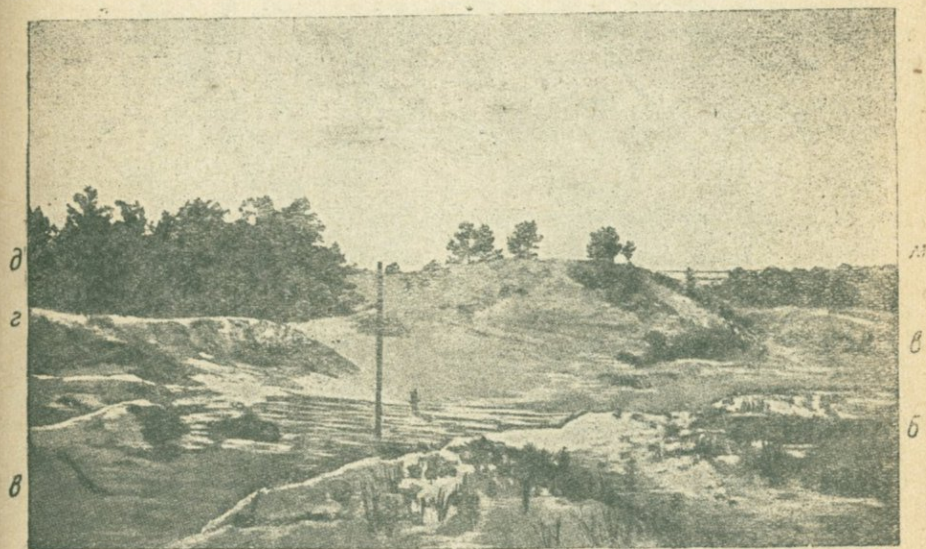
покрыта растительностью. Эоловые пески могут образоваться на берегу озера или моря, куда волна выбрасывает продукты перетирания горных пород, в долине реки, оставляющей после половодья много наносного рыхлого минерального материала, в ложе отступившего ледника из отложенных ручейково-ледниковых наносов. Во всех этих случаях, если только растительность не закрепит скопившиеся продукты раздробления горных пород, они становятся достоянием ветра, который уносит из них мелкие частицы и затем отлагает их в виде песков.

Пески, образующиеся на берегу моря или в долине реки, отличаются по своей форме и составу от барханных песков. Правильной полумесячной формы скопления песков здесь не встречается; растущая в прибрежных местностях, хотя и редкая растительность задерживает песчинки,двигающиеся внизу песчаного холма, в силу чего быстрее переносятся песчинки, поднимающиеся по срединной части холма. Благодаря этому середина подветренного склона холма растет скорее, чем его края, и общая форма его в плане принимает очертания овала.

Такого рода песчаные скопления называются *дюной* (рис. 87).

Наветренный склон дюны также пологий, с углом от 5° до 12° , а подветренный — крутой, в $30-33^\circ$. Отдельные дюны встречаются сравнительно редко; на берегах морей они группируются обычно в ряды, протягивающиеся параллельно берегу моря, а в долинах рек дюны принимают неправильно бугристый характер (рис. 88).

Приморские дюны достигают значительной величины; дюны на побережье Финского залива, около Сестрорецка, имеют 24 м высоты; в двух местах они еще выше: так, во Франции, дюны достигают 100—120 м.



а

Рис. 88. Дюны на побережье Финского залива около г. Сестрорецка.

На переднем плане прибрежные пески: а и б — пески, закрепленные посадками песчаного камыша ивы и сосны; в середине рисунка — котловина выдувания — в, из которой ветер выносит песок для образования дюн. Рядом с телеграфным столбом среди котловины выдувания виден пенек засыпанного некогда песком дерева, выгнупший на дневную поверхность после ухода песков. За ним следует гряд дюн, из которых на вершине самой большой дюны выставляются верхушки засыпанных сосен. На заднем плане налево — лес, д, на который надвигаются дюны, а направо море — ж (по фот. В. А. Дубянского).

Наиболее распространенной формой дюн является узкая длинная гряда, располагающаяся перпендикулярно к направлению господствующего ветра. Размеры таких гряд колеблются в значительных пределах. Длина их может достигать нескольких сот метров, ширина изменяется от одного до нескольких десятков метров, а высота — до пятнадцати метров.

Склоны грядовой дюны также асимметричны: наветренный склон является более пологим и имеет уклон от 5° до 12° . Противоположный, или подветренный склон — крутой, с уклоном в $29-30^\circ$. Линия пересечения склонов, или гребень дюны, хорошо выражена только тогда, когда дюна сформировалась недавно; с течением же времени сглаживается и делается закругленной. При дальнейшем передвижении песка прямолинейная форма дюны может быть нарушена и отдельные части могут получить различную высоту и форму. Быстрее всего продвигается

вперед по направлению ветра центральная часть дюны, а крылья ее отстают. В силу этого песчаная гряда изгибается и получает в плане подковообразную форму. В таком случае дюна получает название *параболической дюны* (рис. 89).

Речные дюны, как озерные и морские, богаты кварцем, количество которого в них доходит до 98%; других же минералов в них встречается мало.

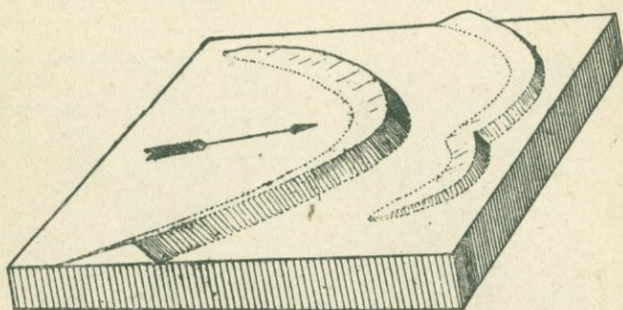


Рис. 89. Параболическая дюна.

Под влиянием ветра дюны и барханы способны передвигаться с одного места на другое. Ветер, подымая песчинки с наветренного склона, переносит их на подветренный; наветренный склон постепенно уменьшается, а подветренный увеличивается; в силу этого, если в данный момент дюна или бархан находится в положении I, то через некоторое время она перейдет в II, еще

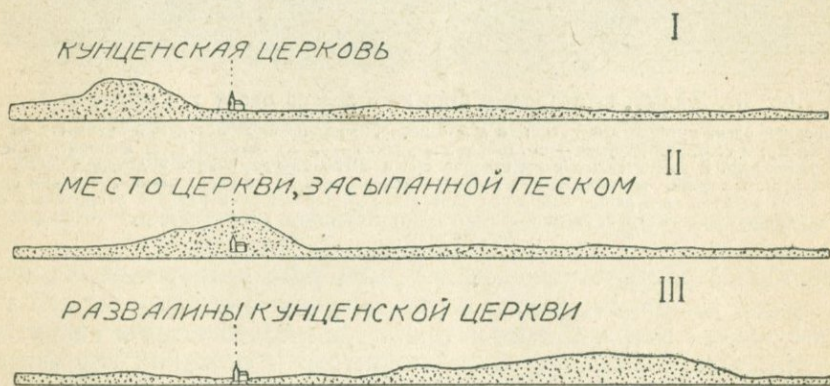


Рис. 90. Движение дюнного песка на берегу Балтийского моря.

I — положение дюны в начале XIX столетия; II — положение дюны в 1839 г.; III — положение дюны в 1869 г.

дельше в III и т. п. (рис. 90). Отдельные барханы передвигаются во время сильных бурь до 20 м в сутки, но в больших массах пески двигаются гораздо медленнее. Песчаные дюны в Дании проходят в год только 4 м, в Померании, на берегу Балтийского моря — 9 м в год, в венгерской пустыне Баната — 2,2 м в год.

Пыль. Мелкая пыль подымается ветром высоко в воздух и уносится на большие расстояния. Красная пыль, поднятая самым

в северной Сахаре, разносится по всему Средиземному морю, южной и средней Европе; выпадая здесь вместе с дождем или снегом, она окрашивает последние в красный цвет; это дает повод для народных поверий о выпадении кровавого дождя и кровавого снега, в качестве предвестников грядущих народных бедствий. Из центральной Азии ветер переносит пыль в Пекин и Тянь-Цзинь, где он отлагает ее на улицах и на крышах домов. Из Туркестана пыль залетает к нам до нижнего плеса реки Волги, включительно, где она известна под именем мглы, помохи и сухого тумана, иссушающих растительность и посевы.

Но чаще всего пыль выпадает там, где пустыня переходит в степи. Нельзя сказать, чтобы пыли вовсе не отлагалось в самой

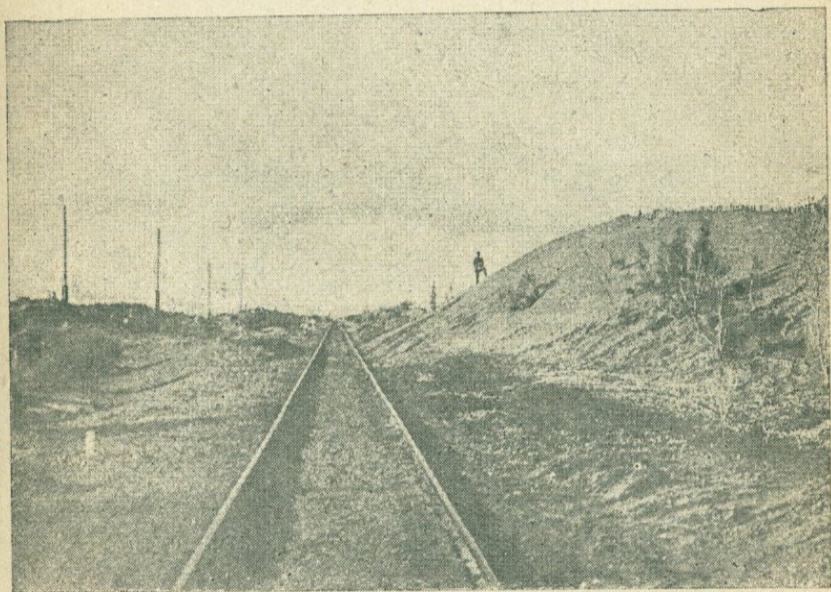


Рис. 91. Наступание бархана на Ашхабадскую дорогу, около станции Репетек.

пустыне — пыль отлагается и здесь, но, будучи ничем не закреплена с поверхности, она вновь поднимается ветром и уносится в воздух. Накопление и отложение пыли происходит там, где пыль, оседая на земную поверхность, попадает под полог растений, которые защищают ее от дальнейшего развевания. Ближайшие к пустыне местности с растительностью обычно представляют степи, поэтому степи и являются главной областью отложения пыли. Выпадающая здесь пыль находит себе защиту под каждым стебельком. Дожди способствуют закреплению пыли, утрамбовывая и уплотняя ее. Постепенно пыль утолщает почвенный слой и заставляет подниматься горизонт растений. Засыпанные пылью части растений — стебли и корни — сгнивают, и на месте их в отложенной пыли остаются вертикальные пустые трубочки — поры. Повторяясь из года в год в течение многих тысячелетий, процесс

отложения пыли приводит в результате к громадному скоплению ее, причем под этими отложениями погребается первоначальный рельеф местности и совершенно изменяется земная поверхность. Наибольшие скопления пыли происходят в углублениях местности, где скопляется пыль, не только приносимая сюда ветром, но также и та, что смывается дождями с окружающих возвышенностей и покатостей. По заполнении котловин и углублений пылевые отложения их сливаются вместе, образуя сплошной покров, скрывающий, как под наброшенным сверх плащом, все неровности местности и придающий ей слабо волнистый характер.

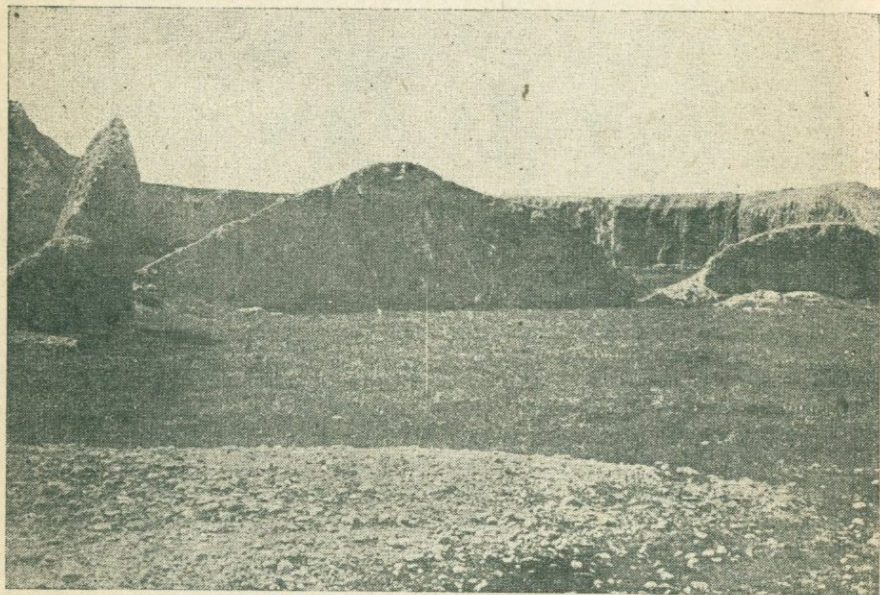


Рис. 92. Лёссовые отложения в Средней Азии.

Лёсс. Порода, образуемая из скоплений пыли, называется лёссом. По внешнему виду лёсс представляет рыхлую мягкую горную породу, светложелтого, палевого или желто-бурого цвета, пронизанную вертикальными трубчатыми порами. Благодаря пористости лёсс легко пропускает сквозь себя атмосферные воды, поэтому грунтовые воды в лёссе сосредоточиваются в его нижней части поверх водонепроницаемого слоя из какой-нибудь другой породы. Кроме пористости лёсс характеризуется отсутствием слоистости и способностью давать отвесные обрывы в местах промоин и оврагов (рис. 92). Между пальцами лёсс легко растирается, причем большинство частиц его настолько мелки, что втираются в кожу, и на пальцах остаются лишь немногие минеральные зерна. Значительную часть лёсса составляют глинистые и известковые частицы; благодаря присутствию последних лёсс, будучи смочен соляной кислотой, бурно вскипает.

Представляя очень мягкую породу, лёсс в то же время является

настолько связным, что позволяет пользоваться им как строительным материалом. В Туркестане из лёссовых кирпичей строят дома и др. сооружения; в северном Китае в толщах лёсса устроены целые подземные селения, где живет миллионное население.

Обладая большой мелкоземистостью и состоя из сильно разложенных минеральных веществ, лёсс в избытке обеспечивает питание растений. Поэтому лёсс является очень плодородной почвой, и все народы, населяющие области лёсса, занимаются земледельческой культурой. В Фергане лёссом пользуются как удобрением. В Китае, где лёсс занимает громадные пространства, он считается самой лучшей почвой. Жители Кашгарии приветствуют выпадение ооловой пыли, увеличивающей толщи лёсса, так же, как у нас крестьяне радуются дождю, выпавшему в сухое время года; выражение «топа ягды», т. е. пыль идет, употребляется у них так же, как у нас — «дождь идет».

Толщина лёсса в различных местах колеблется очень сильно — от нескольких метров до 500 м (в Китае). По месту нахождения лёсс является распространенной породой: отложения его занимают громадные пространства в северном и восточном Китае, в Туркестане, по всей южной полосе СССР, в Северной Америке в бассейне реки Миссисипи, Южной Америке — в Атакаме и Аргентинской республике.

По подсчету Тилло около 4% всей поверхности суши покрыто лёссом.

Химические осадки

В главе о химическом выветривании было сказано, что минеральные частицы, находящиеся на поверхности земли, под действием атмосферных вод и заключенных в последних кислот и солей разрушаются; составляющие их химические элементы вступают в соединение с водой и с находящимися в ней реактивами. Возникающие новые соединения в растворенном виде, вместе с заключающимися их атмосферными водами, опускаются вниз до грунтовых вод, с которыми и стекают в реки, озера и моря. В некоторых случаях растворенные химические соединения могут выпасть из раствора на пути своего передвижения из почвы в море и образовывать континентальные химические осадки. Наиболее трудно растворимые соединения, как окислы железа и алюминия, при опускании вниз доходят до грунтовых вод только частично, часть же их отлагается в почве на пути своего движения книзу.

Окисел железа выпадает из воды в виде студенистой массы, располагающейся в пустотах между минеральными частицами и на поверхности самих частичек. При высыхании студенистая масса сжимается, твердеет и связывает минеральные вещества в плотный слой, называемый *ортштейном*, или *рудяком*. В глинистых породах железо отлагается в виде шарикообразных скоплений и зерен.

Отлагающаяся железо принимает форму минерала *лимонита* или иначе — *бурого железняка*, имеющего химический состав — $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Минерал этот имеет аморфное сложение, твердость 5—5,5 и удельный вес 3,4—3,95.

Железо, опустившееся из почвы до грунтовых вод, выносится с последними в озера и реки. Если грунтовые воды выходят на дневную поверхность в виде ключей и источников, то воды последних, как это часто наблюдается в северных широтах, имеют ржаво-бурый цвет от присутствия в них лимонита, оседающего на все подводные предметы в виде пленки. Водная окись железа, вынесенная в озеро, оседает на его дне и скопляется в форме шариков и лепешек, называемых *озерной* и *бобовой рудой*.

Из других химических соединений, вымываемых водой из почвы, на суше чаще всего отлагается кальций в форме соединения с углекислотой. Атмосферные воды, проходя через почвенный слой, содержащий гниющие органические вещества, насыщаются конечным продуктом гниения их — углекислотой. Углекислота отнимает от силикатных минералов кальций и дает с ним соединение CaCO_3 . Углекислый кальций — сравнительно трудно растворимая соль и для перехода в раствор требует присутствия в воде свободной углекислоты. Так как последняя всегда присутствует в почвенных водах, то углекислый кальций вымывается из почвы и уходит в грунтовые воды; вместе с последними он попадает в реки, моря и озера. Если же количество свободной углекислоты в грунтовой воде почему-либо уменьшается, то углекислый кальций выпадает из раствора и образует отложение *лугового мергеля*, состоящего из углекислого кальция, смешанного с глиной, или же, если углекислый кальций отлагается в виде пористой массы — *известкового туфа*. Чаще всего отложение углекислого кальция происходит там, где грунтовые воды выходят на дневную поверхность в виде ключей и источников, разливающихся по поверхности луга; увеличение водной поверхности и испарение вызывают выделение из воды углекислоты, в силу чего растворенный в воде углекислый кальций выпадает; этому также способствует луговая растительность, поглощающая углекислоту из воды. Выпадающий из воды углекислый кальций облекает листья и стебли растений, которые, сгнивая, оставляют после себя пустоты, делающие отложившийся осадок пористым.

Углекислый кальций может выделяться также в реках и в озерах, как наблюдается например около деревни Сиворицы близ Гатчины, где туфом заполнено целое озеро. Путешественник по Китаю Потанин встретил в провинции Сы-Чуан реку, называемую «Золотые озера»; воды этой реки, насыщенные углекислым кальцием, отлагают много туфа; туф располагается ступенчатыми ваннами в форме лестницы, и вода переливается по ним как из одной тарелки в другую. Падающая отвесно вода при ударе несколько нагревается и испаряется, в силу чего часть углекислоты выделяется и углекислый кальций выпадает, образуя известковый натек; вода, перелившись через край ванны, падает на нижележащую ступень и оставляет здесь часть содержащегося в ней углекислого кальция и т. д. Таким образом постепенно увеличивается количество и разрастается ширина ступеней этой природной туфовой лестницы.

Еще больше отлагают туфов поднимающиеся с большой глубины горячие источники. Воды их, сильно нагретые, поднимаются

снизу вверх под большим давлением и почти всегда содержат в себе углекислоту. Проходя через горные породы, они выщелачивают в них известь и выносят ее в большом количестве на поверхность. Здесь в силу уменьшения давления углекислота выделяется из воды, и содержащийся в ней углекислый кальций выпадает. Отложение углекислого кальция из горячих источников отличается от обычного туфа большей плотностью и присутствием слоистости; такого рода туф называется *травертино*.

Мощные залежи травертино находятся по склонам горы Машук около города Пятигорска на Кавказе; толщи травертино достигают здесь 90 м мощности и тянутся на 5300 м в длину и 1600 м в ширину. Травертино представляет прекрасный строительный материал, и из него построены почти целиком Пятигорск, Кисловодск, Железноводск.

Карлсбадский источник в северной Чехии, в котором вода от обильного выделения углекислоты кажется кипящей, выделяет углекислый кальций в форме горошин, связанных между собой известковым цементом. Такого рода осадку дают название *горохового камня*. Отложение углекислого кальция в Карлсбадском источнике происходит настолько энергично, что живые цветы, опущенные в воду, не успевают завянуть и превращаются в каменные, благодаря отложению на их поверхности известковой корки.



Рис. 93. Отложения гейзеров в Йеллоустонском парке в Северной Америке.

Кроме углекислых источников, отлагающих травертино, встречаются еще горячие источники, выносящие на земную поверхность в большом количестве окись кремния. Такие источники называются *гейзерами*. Встречаются гейзеры в Исландии, Новой Зеландии и Северной Америке. Гейзеры отлагают окись кремния в виде плотного кремнистого туфа, или *гейзерита* (рис. 93).

Органические осадки

Главная область органических осадков — дно моря, на суше же органические отложения встречаются сравнительно редко — и по преимуществу в виде скоплений растительных остатков.

Торф. Под таким названием подразумевается скопление растительных остатков, мало плотное, сравнительно легко распадающееся, в котором еще хорошо различимы части слагающих его растений. В качестве примеси в торфе встречаются зерна песка и частицы глины.

Образуется торф в местностях, богатых влагою, и по преимуществу в холодном или умеренном климате. Процесс образования торфа происходит следующим образом. По берегам мелководного

озера или медленно текущей реки селится болотная растительность: близ самого берега осока, а несколько глубже тростник, камыш, водяной хвощ, а еще далее кувшинки, рдест, водоросли и другие растения, не поднимающиеся на поверхность воды (рис. 94). Все эти растения, отмирая, падают на дно водоема. Разложение под водой происходит при отсутствии кислорода воздуха и отлагающиеся на дне растительные остатки не гнивают, а накапливаясь из года в год, образуют здесь залежи торфа. По мере того как количество отмерших растений на дне водоема увеличивается, горизонт водных растений поднимается, открытая водная поверхность суживается, и водоем мелеет. Наконец, наступает момент, когда весь водоем заторфовывается, сплошь зарастает растительностью, и на месте открытой водной поверхности образуется осоковое или травяное болото.

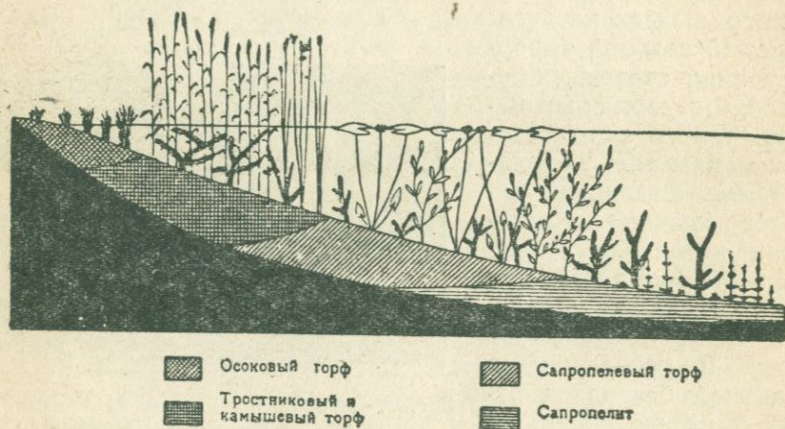


Рис. 94. Схема зарастания озера.

Пока болотные растения жили в воде бассейна, они получали необходимые для их жизни минеральные вещества из раствора солей, заключенных в воде. Но как только озеро или впадина выполяется растительными остатками выше уровня находящейся в ней воды, дальнейшее питание расторванными в воде веществами для болотных трав делается затруднительным. Тогда место травянистой растительности занимают менее требовательные к пище мхи, которые в состоянии питаться растворами, поднимающимися по капиллярам снизу, и затем солями, выпадающими сверху вместе с атмосферными осадками. Чаще всего поверх осокового болота поселяются мхи из родов *гипнум* и *сфагнум*. Эти мхи обладают способностью при отмирании своей нижней части стебля нарастать в верхней, в силу чего моховой покров приподнимается, нарастает в виде бугра и превращает низменное болото в высокое, или моховое (рис. 95). Моховые болота растут не только вверх, но и вширь, расползаясь далеко за пределы первоначальной котловины. Если на пути такого растущего болота

встречается лес, то мох затягивает основания деревьев, поднимает, в силу своей влагоемкости, около них грунтовую воду, отчего корни деревьев начинают отмирать, лес гибнет и его место занимает болото.

Площадь болот в СССР достигает 37 млн. га, и в одном только Ленинградском округе их около 625 тыс. га. Мощность торфяников обычно не превышает 4—5 м и редко достигает 10 м.

Скопившиеся в болотах растительные вещества подвергаются медленному гниению. Клетчатка растений имеет следующий состав: С—50%, Н—6%, О—43% и N—1%. Если бы гниение совершалось при свободном доступе воздуха, то весь углерод соединился



Рис. 95. Схема строения болота, образовавшегося из растания озера.

бы с кислородом воздуха, и органическая масса растительных тканей превратилась бы в газы. Но в болотах свободный доступ воздуха затруднен обилием воды, в силу чего окисление растений происходит медленно и в значительной степени на счет кислорода, содержащегося в самой клетчатке. Но если бы даже весь кислород клетчатки пошел на соединение с углеродом, то и тогда его не хватило бы для окисления углерода, содержащегося в клетчатке, и последний должен выделиться в чистом виде, в форме угля. Поэтому и самый процесс гниения клетчатки без доступа кислорода воздуха получил название *обугливания*.

В торфяниках наблюдается только начало процесса обугливания, и поэтому увеличение в них углерода, по сравнению с количеством углерода в свежей растительной клетчатке, очень незначительно. В наиболее глубоких и, следовательно, наиболее древних слоях торфяников содержание углерода равно 59%. Растительное вещество в торфянике, разлагаясь, превращается в темное порошковатое вещество, состоящее из ульминовых и гуминовых веществ, способных переходить в раствор и окрашивающих воды, вытекающие из торфяников, в темный цвет.

По характеру слагающей торф растительности различают: *осоковый торф*, сложенный по преимуществу из осок и болотных трав, *гипновый торф*, образованный гипновым мхом, *сфагновый торф* — из сфагнума. Торф, образованный из травянистой растительности с большой примесью к последней древесных остатков — коры, веток, плодов, древесины, носит название *лесного торфа*.

Сапропелем называется осадок на дне стоячих или полустоячих водоемов, образующийся за счет отложения остатков растений, водорослей, микроорганизмов как растительного, так и животного царства, экскрементов, пыльцы древесных растений, глины и песка, приносимых ветром или волнениями и течениями в данном водоеме. Вся эта смесь перерабатывается поселяющимися на ней мириадами микроорганизмов и превращается в бурую или зеленоватую коллоидальную студенистую массу, которая, слеживаясь и высыхая, получает часто темную или даже черную окраску. При перегонке и экстрагировании сапропели дают продукты, близкие к продуктам перегонки нефти: бензин, керосин, осветительные масла, парафин, стеарин и пр.

Сапропелитовым торфом называется смесь сапропели и торфа.

Ископаемые угли. Торф есть органическое отложение настоящего времени. В осадочной коре встречаются органические растительные отложения более древних времен, образовавшиеся в предшествующие геологические периоды. Всем такого рода древним скоплениям растительного вещества дают название *ископаемых углей*. Последние подразделяются на *бурые угли*, *каменные угли* и *антрацит*.

Бурый уголь. Бурый уголь, так же как и торф, состоит из растительных остатков. Процесс обугливания¹ в буром угле зашел дальше, чем в торфе, и поэтому бурый уголь отличается большим содержанием углерода (от 57 до 75%) и большей плотностью; удельный вес бурого угля от 1,2 до 1,4. Цвет бурого угля — буровато-черный, окраска черты на фарфоровой пластинке — бурая; при нагревании в едком кали окрашивает последний в бурый цвет. Встречается слоями различной мощности, иногда достигающими 15 м и больше, среди пород средней и новой эры. В СССР бурые угли встречаются под Москвой, близ Челябинска, на Кавказе, в Закаспии и др. местах.

Каменный уголь. Процесс обугливания в каменном угле зашел еще дальше, чем в буром: количество углерода в нем колеблется от 75 до 95%; удельный вес 1,25—1,5. Каменный уголь состоит из остатков по преимуществу вымерших тайнобрачных растений — *каламитов*, *лепидодендронов*, *Сигиллярий*, *гигантских папоротников*. Разложение растений в каменном угле зашло так далеко, что отдельные растительные остатки простым глазом неразличимы; только под микроскопом в специально изготовленных шлифах в нем можно наблюдать остатки (обрывки) растительных тканей, споры (пыльцу) и т. п.; внешне каменный уголь представляет плотную массу бархатно-черного цвета; на фарфоровой пластинке

¹ *Примечание редактора:* Кроме термина «обугливание» в литературе по ископаемым углям употребляется также термин «углефикация».

он оставляет черную черту. В растворе едкого калия бурого окрашивания не дает; в изломе — матовый или блестящий. При сухой перегонке без доступа воздуха каменный уголь дает жидкие и газообразные продукты из углеводов, водорода и других газов; очищая эту смесь, получают *светильный газ*; жидкие продукты перегонки называются *каменноугольной смолой*, дающей материал для химической промышленности по приготовлению красок и др. веществ. Твердый остаток от сухой перегонки дает спекшуюся пористую массу — кокс.

По количеству выделяющихся при сухой перегонке углеводов различают *жирные* и *тощие каменные угли*. Жирные выделяют много углеводов, дают сильно коптящее пламя и спекаются в кокс; тощие каменные угли почти не дают при сухой перегонке газообразных продуктов, горят без дыма, не спекаются в кокс, а распадаются в порошкообразную массу.

Каменный уголь встречается главным образом в отложениях каменноугольного периода. Он залегает среди песчано-глинистых слоев обычно толщиной от 1 см до нескольких метров и даже нескольких десятков метров. Наибольшие запасы каменного угля в СССР находятся в Западной Сибири — в Кузнецком бассейне и затем в южной части Русской равнины — Донецком бассейне.

Антрацит. Количество углерода в антраците колеблется от 93 до 98%; он представляет еще более плотную массу, чем каменный уголь, с удельным весом 1,5—1,7; отдельные растительные остатки в нем различаются слабо даже под микроскопом; цвет его черный с почти металлическим блеском; настоя с едким кали, как и каменный уголь, не дает. При сухой перегонке летучих веществ почти совсем не обнаруживается; загорается с большим трудом и горит лишь при сильной тяге воздуха. Встречается при тех же условиях, как и каменный уголь. Наибольшие залежи антрацита в СССР — в Донецком бассейне.

2. Морские осадочные породы и их образование

Все осадки, возникающие в море, подразделяются на *береговые*, располагающиеся между уровнями прилива и отлива, *мелководные* — между линией отлива и до глубины 200 м, и *глубоководные* — ниже глубины в 200 м. По способу происхождения морские осадки подразделяются на *терригенные* или *обломочные*, образующиеся из обломков континентальных горных пород, *отлагающихся* на дне моря механически, и на *пелагические* — осаждающиеся на дне моря химическим путем или образующиеся из остатков морских животных и растений.

Береговые осадки

Когда морская волна разрушает крутой берег, то обломки горных пород падают у подножья берега в воду и, постепенно накапливаясь, повышают морское дно; море в прибрежной части делается мелководным (см. рис. 49). Морские волны, вступая в мелководную прибрежную полосу, испытывают трение о морское дно, в силу чего их движение нарушается, нижние части волны отстают

от верхних, и волна получает поступательное движение. Взбираясь на пологий берег, волна все более и более замедляет свой ход, и, когда вся сила волны уходит на трение, движение ее приостанавливается. гребень ее опрокидывается, после чего, под влиянием

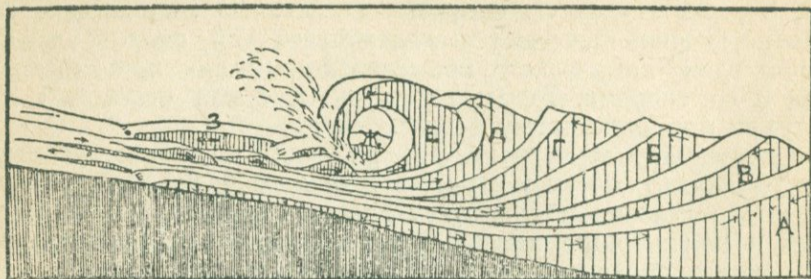


Рис. 96. Отливная и наступающая волна.

силы тяжести, вода получает обратное движение в сторону моря (рис. 96). Возникающее таким образом отливное течение происходит сначала тихо, но затем ускоряется и тем сильнее, чем круче берег. При встрече со следующей волной отливное течение прекра-

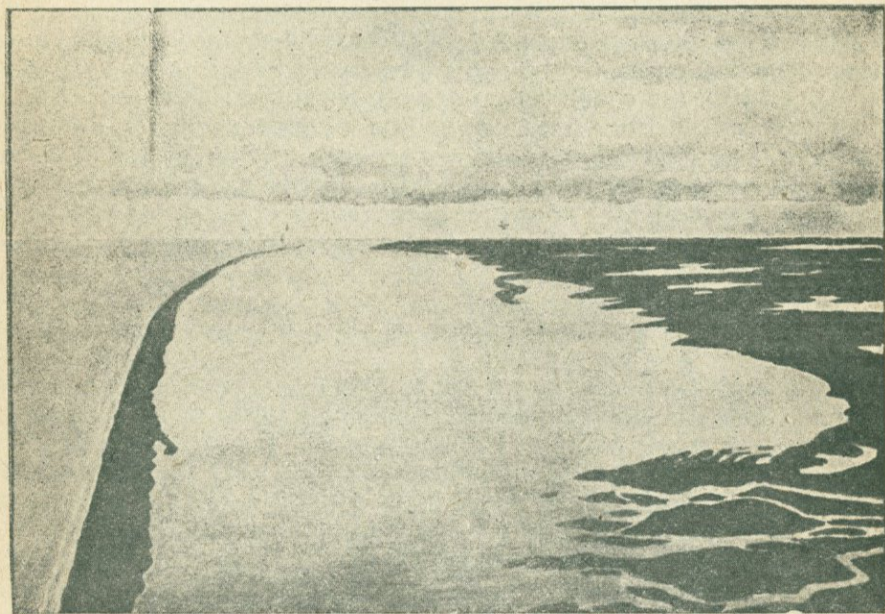


Рис. 97. Коса — песчаный риф — на Чукотском полуострове (по фот. С. В. Обручева).

щается и уступает место обратному движению волны к берегу. Обломки горных пород, попадающие в море при разрушении крутого берега, подхватываются наступающей волной и несутся к берегу; отливное течение уносит их в противоположном направлении в сторону моря; следующая поступательная волна опять дви-

жет их к берегу и т. д. Обломки горных пород, перекатываясь взад и вперед в прибрежной части моря, трутся друг о друга и о морское дно, дробятся, округляются, измельчаются и превращаются из крупных угловатых глыб в окатанные валуны, из валунов в гальку, из гальки в крупный песок, а из крупного песка — в мелкий песок. Весь этот минеральный материал перекатывается или волочится взад и вперед в прибрежной части моря только до тех пор, пока уклон дна не достигнет определенной величины. Когда же установится известное отношение между уклоном дна и величиной передвигаемых минеральных частиц, то последние начинают отлагаться и далее уже не передвигаются. Чем мельче минеральный материал, тем меньше уклон, при котором он отлагается: валуны отлагаются при уклоне в 20—35°; галька — при 10°, крупный песок — при 7—5°, мелкий песок — при 2—5°.

Там, где наступающая волна достигает высшего предела своего движения на пологом берегу, происходит всасывание воды отложенным ранее здесь песком, и поэтому отливное течение начинается не сразу от границы наступающей волны, а несколько отступая от нее. Принесенный волной песок, галька и валуны в полосе, где нет отливного течения, отлагаются, тогда как материал, захваченный отливным движением, уносится обратно. При следующей волне опять часть песка и галек задержится в полосе всасывания волны, и таким образом на границе волны, на берегу, отложения будут происходить быстрее, чем ниже ее. Благодаря этому вдоль берега возникает невысокая гряда из песка, гальки или валунов, протягивающаяся параллельно наступающей волне. Такой гряде дают название *берегового вала*. Высота берегового вала зависит от высоты волны: чем больше волна, тем выше образуемый ею береговой вал. Самые высокие береговые валы не превышают 5 м, обычно же высота их 1—2 м над окружающей местностью. Ширина берегового вала зависит от продолжительности волнений и от направления волны. Чем продолжительнее волнение, тем шире береговой вал. Если волна набегаёт перпендикулярно на берег, то береговой вал получается шире, чем в том случае, когда волна набегаёт косо к берегу. Обычно ширина береговых валов равняется 10—13 м.

Береговых валов может быть не один, а несколько, причем наиболее высокий и наиболее удаленный от линии моря образуется наиболее сильной бурей, а более мелкие и лежащие ближе к морю — менее сильными волнениями.

Всю береговую полосу от максимального предела, которого достигают наиболее высокие волны, и до линии моря во время отлива, представляющую слабо наклонную к морю равнину с расположенными на ней береговыми валами или без них, называют *террасой* или *пляжем*. Последний слагается намытым песком, грубым гравием и галькой, а иногда даже валунами. В некоторых случаях намывные отложения пляжа состоят из раковин.

Точно так же к береговым отложениям должны быть отнесены некоторые коралловые рифы, показывающиеся из воды во время отлива. Осадки пляжевой полосы характеризуются грубой слоистостью, нередко переходящей в диагональную слоистость.

Если берег имеет извилистые очертания и состоит из бухт и полуостровов, то морские волны при встрече с более спокойными водами залива ослабляют свою силу, и в том месте, где происходит ослабление поступательного движения волн, отлагается приносимый ими песок. В силу этого, при входе в бухту, на дне ее

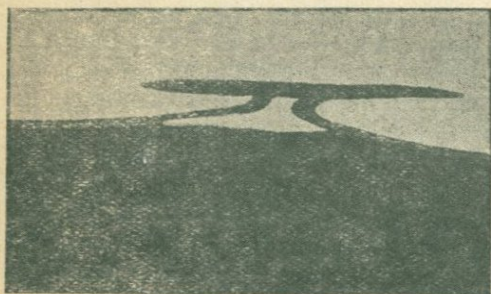


Рис. 98. „Шея“ на берегу Ледовитого океана.

начинает расти песчаный вал, называемый *песчаным рифом*, который, постепенно возрастая, выходит из-под уровня воды и превращается в косу, пересыпь или стрелку, отделяющую бухту от моря (рис. 97). Такие пересыпи, или стрелки, по форме мало чем отличаются от берегового вала и лишь превосходят последний по своей ширине. Такие стрелки образуются также в том случае, если перед берегом находится остров, о который преломляется береговая волна; в силу ослабления движения волны, получающегося от задержки ее островом, движущая сила волны уменьшается; в месте ослабления волны отлагается принесенный ею песок, и по обе стороны острова к берегу протягиваются пересыпи; эти пересыпи соединяют остров с берегом наподобие шеи, соединяющей голову с туловищем, поэтому их называют *шеями* (рис. 98).

Мелководные осадки

Суша не прямо обрывается в сторону глубокого моря, а между ней и последним находится *континентальная платформа* или *шельф*,

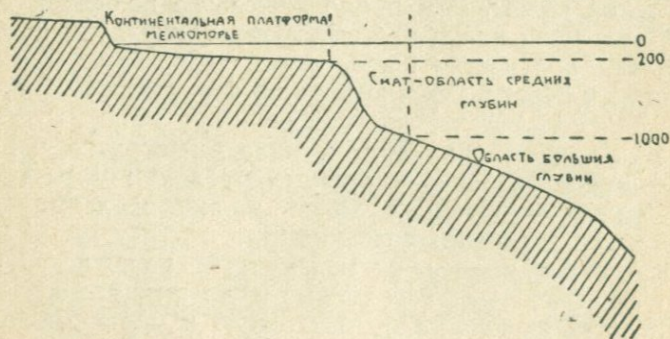


Рис. 99. Схема расположения глубин в океане.

протягивающаяся до глубины 200 м, за которой начинается крутой *материковый скат*, опускающийся до глубины 1000 м, и только после него начинается область больших глубин или пучин океана (рис. 99 и 100). Не надо, однако, думать, что крутой скат сходен с крутыми склонами наших гор, и морские пучины вовсе не

являются зияющими пропастями. Крутой склон морского дна является таковым лишь по отношению к равнинным и слабым покатостям остальных частей морского дна, точно так же и пучины при своей глубине (6000—9000 м) представляют лишь обширные пологие впадины. Крутыми и зияющими части рельефа мор-

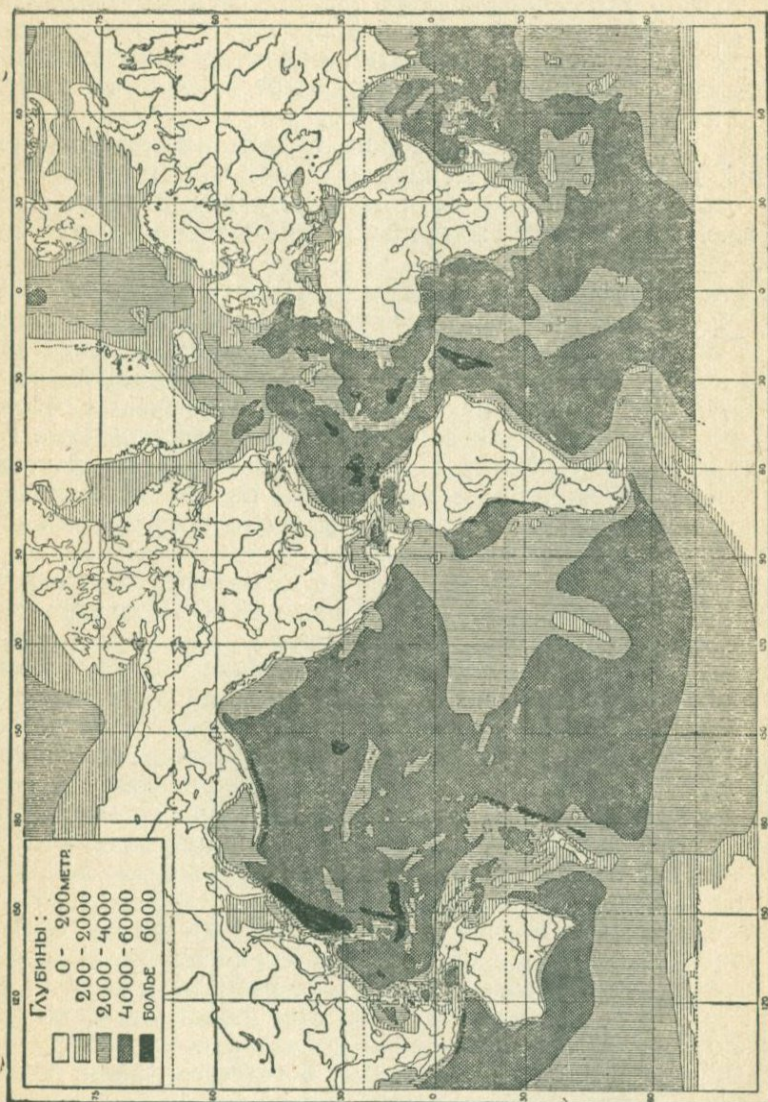


Рис. 100. Распределение глубин в океанах.

ского дна кажутся нам только при вычерчивании профиля последнего, когда, в силу необходимости уместить на листе книги очень большие пространства, приходится вертикальный масштаб брать больше горизонтального в 25 000 000 раз.

Мелкие песчаные частицы, не успевшие отложиться в области пляжа, увлекаются в область мелководного моря, где и отлагаются

В виде мелкого песка, иногда с примесью ила, образуя сплошной пояс вокруг материков и островов. В отличие от отложений пляжевой полосы, песчано-илистые отложения мелководного моря отлагаются правильными параллельными слоями, выдержанными на большем протяжении.

Вся область мелководного моря освещается и прогревается лучами солнца; благодаря этому в ней произрастает много зеленых и красных водорослей, которые дают обильную пищу травоядным брюхоногим, становящимся, в свою очередь, добычей хищных брюхоногих, головоногих, раков, рыб.

Частые волнения, захватывающие область мелкоморья до самого дна, заставляют многих животных этой области вырабатывать у себя способы прикрепления к морскому дну и вести сидячий образ жизни. Таковыми животными являются морские лилии, мшанки, гидроиды, кораллы.

Все эти животные, умирая, оставляют после себя твердые известковые скорлупки и раковины, которые частью истираются морскими волнами и примешиваются к минеральным осадкам мелководного моря, а частью накапливаются большими массами, образуя самостоятельные отложения. Так, из смеси песчаных частиц с обломками известковых раковин образуются *известковистые песчаники*, из глинистых частиц с продуктами истирания раковин — *мергель*, из скоплений более или менее чистых известковистых скорлупок и раковин — *известняки*. Особенно энергичными строительями известняков являются кораллы.

Коралловые рифы. Кораллы могут существовать только в воде, температура которой не опускается ниже 20° С. Поэтому их распространение ограничено тропическим поясом. Так как и под тропиками морская вода на значительной глубине обладает температурой ниже 20° С, то кораллы могут жить лишь на небольшой глубине — не глубже 80 м от поверхности моря. Кроме того, необходимым условием для жизни кораллов является чистая вода с нормальным для моря содержанием солей. Опресненной и мутной воды они не выносят; поэтому кораллов нет при устьях рек и на илистых и песчаных берегах, где вода становится мутной от прибоа. Лучше всего они чувствуют себя на скалистом дне вблизи берега, не имеющего устьев рек.

Прикрепившись к морскому дну, они растут кверху кустовидными колониями, часто с быстротой 1 см в год. Само животное имеет незначительные, микроскопические размеры и живет в известковой трубочке, построенной им за счет извести, выделяемой из тела животного. Отдельные ячейки кораллов соединяются вместе в стволы, обладающие удивительным богатством форм. Одни из них стелются в форме дерна, другие имеют форму бокалов, зонтиков, клубней, полушаров, пучков трубок; но гораздо чаще они имеют форму красивых, причудливо разветвленных кустарников и деревьев (рис. 101).

На отмирающих ячейках поселяются новые кораллы, и таким образом коралловый риф растет в высоту и ширину. Постепенно разрастаясь, он достигает поверхности моря. Жить без воды хотя бы короткое время кораллы не могут, поэтому линия отлива

является верхней границей разрастания кораллового рифа. На стороне, обращенной к берегу, коралловый риф разрастается медленнее, так как приток сюда свежей морской воды затруднен; в силу этого коралловые рифы обычно отделены от материка узким мелким каналом. На стороне же, обращенной к морю, кораллы разрастаются свободно, и колонии их, увеличиваясь в горизонтальном направлении, часто принимают форму зонтиков и навесов.

Масса кораллового рифа, благодаря кустовидному разрастанию кораллов, пронизана большими и малыми пустотами, которые заселяются богатым и разнообразным населением из самых различных морских животных (рис. 102). Всевозможные моллюски, губки, голотурии, черви, морские лилии, морские ежи и морские звезды ютятся в расселинах и пустотах коралловых кустов; микроскопические фораминиферы заполняют самые мелкие отверстия; раки, рыбы ловят в них свою добычу, известковые водоросли и мшанки, подобно коре, облекают коралловые кусты и заполняют углубления между их ветвями. Отмирая, все эти животные выполняют своими известковыми скорлупками и раковинами ажурные пустоты рифа и превращают его в сплошную массу. Этому много способствуют также волны, отламывающие от рифа целые глыбы и перетирающие коралл в мелкий песок; последний заполняет свободные пустоты, а частью вместе с коралловыми глыбами падает к подножию рифа. Мало-по-малу коралловый риф окружается собственной россыпью. Растет риф, растет и осыпь. Истертый песок разносится волнами на большом расстоянии от рифа, в силу чего последние всегда окружены поясом кораллового песка.



Рис. 101. Коралл мадрепора.

Многочисленные организмы, населяющие коралловый риф, умирая, разлагаются, и их органические ткани, гнивая, дают углекислоту. Растворяясь в морской воде, углекислота действует на известковые покровы отмерших кораллов и населяющих его животных растворяющим образом; растворенный углекислый кальций — CaCO_3 , отлагается снова в массе кораллового рифа в форме плотного аморфного известняка, а местами в виде кристаллов ромбической формы — *известкового шпата* (рис. 103 и 104).

Кристаллы известкового шпата встречаются часто в прекрасных формах и обладают очень совершенной спайностью. Твердость их 3; удельный вес 2,6—2,8; прозрачные чистые кристаллы известны под названием *исландского шпата*. Последний обладает резко выраженной способностью двойного лучепреломления, в силу чего предметы, если смотреть на них через исландский

шпат, кажутся удвоенными. При действии кислот известковый шпат выделяет углекислый газ, улетучивающийся с шипением. Углекислый газ выделяется из известкового шпата также при накаливании, причем остается CaO , называемая

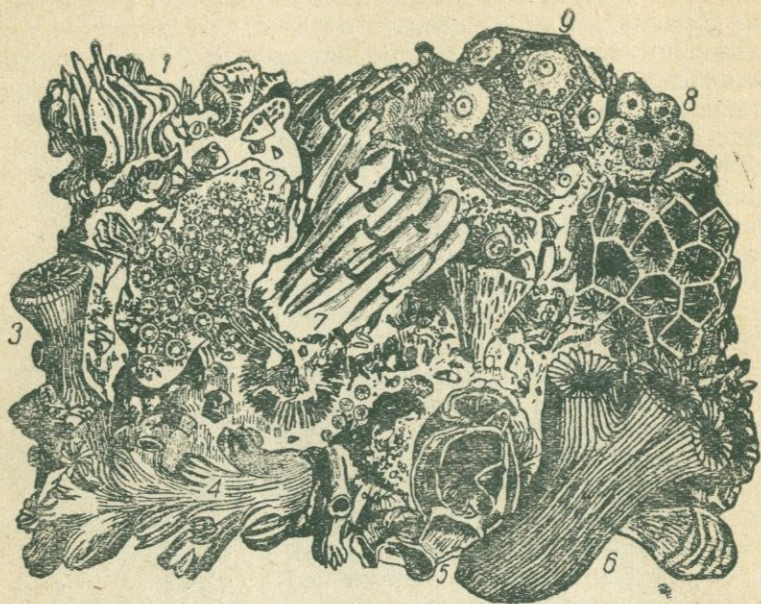


Рис. 102. Кусок кораллового рифа с населяющей его фауной.

1, 2, 7, — звездчатые кораллы; 3, 5, 6 — кораллы из рода литоденарон; 4 — коралл из рода тиародсендрон; 8 — стеклянная губка; 9 — морской еж.

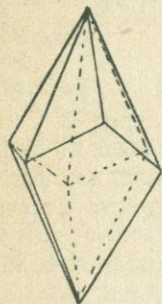


Рис. 103. Формы кристаллов известкового шпата: скаленоэдр.

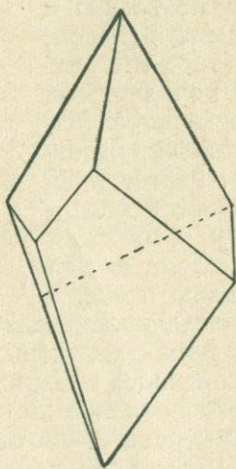
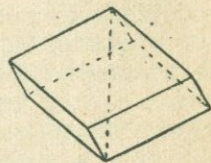


Рис. 104. Формы кристаллов известкового шпата: ромбоэдры.



негашеной известью. Последняя жадно соединяется с водой с выделением тепла: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$; это соединение называется гашеной известью. Притягивая из воздуха углекислоту, гашеная известь снова превращается

в углекальциевую соль и затвердевает; на этом основано связывающее действие известковых растворов.

Скопления кристаллов известкового шпата в форме прочной кристаллической горной породы называются *мрамором*.

Преобразование пористого рифа в плотный известняк происходит сравнительно быстро, и часто срединные части современных коралловых рифов неотличимы от древнейших плотных известняков. Химические процессы, происходящие в коралловом рифе, могут идти еще дальше и привести к преобразованию известняка в другую горную породу. Присутствующий всегда в морской воде хлористый магний, действуя на известняк, превращает его в углекислый магний: $\text{CaCO}_3 + \text{MgCl}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{MgCO}_3$.



Рис. 105. Береговой коралловый риф.

Хлористый кальций уходит в раствор, а углекислый магний образует двойную соль с углекислым кальцием в форме минерала *доломита* — $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Этот минерал кристаллизуется также в форме ромбоэдров. По мере накопления минерала доломита в известковом рифе, последний доломитизируется, т. е. переходит в горную породу *доломит*, имеющую тот же состав, что и минерал того же названия.

Все коралловые рифы разделяются на три типа: 1) береговые, 2) барьерные и 3) коралловые острова.

Береговые рифы непосредственно примыкают к суше и тянутся в виде пояса на большом протяжении вдоль берега (рис. 105).

Барьерные рифы отделены от берегов суши каналом. Большой барьерный риф, протягивающийся вдоль австралийского берега на

протяжении около 2400 км, отделен от материка каналом от 50 до 100 км ширины.

Коралловые острова. Наиболее распространенный тип кораллового острова представляет атолл (рис. 106), имеющий форму кольца, внутри которого находится свободное пространство воды, называемое лагуной.

Многие коралловые рифы лежат на далеком расстоянии от суши среди глубокого моря и простираются на 500—800 м ниже уровня моря. Если вспомнить, что кораллы строят свои рифы непосредственно на морском дне в мелководной части моря и что они не могут жить ниже глубины 80 м, то нахождение коралловых рифов среди открытого моря и на большой глубине является поразительным. Долгое время такие коралловые рифы были загад-

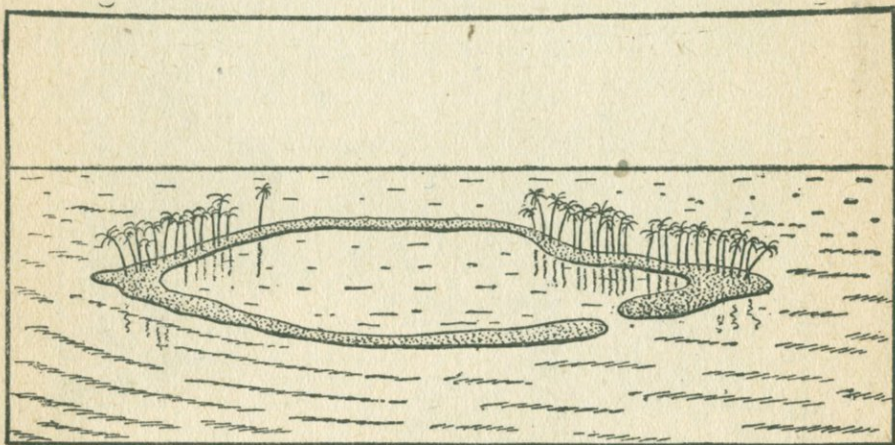


Рис. 106. Атолл.

кой, но около 70 лет тому назад она была разрешена одновременно двумя исследователями: американским геологом Дана и знаменитым английским ученым Чарльзом Дарвином. Наибольшая часть коралловых сооружений приходится на тропические части Тихого и Индийского океанов. Изучая берега и дно этих океанов, вышеназванные исследователи нашли в них много признаков опускания дна океана. Все местности, где сейчас находятся глубокие коралловые постройки, ранее были близ поверхности моря. При медленном опускании морского дна нижние кораллы должны были умирать, но верхние продолжали жить и надстраивать свои рифы. Таким образом по мере оседания дна нижние части рифа погружались все глубже и глубже, а верхние нарастали, благодаря чему рифовые сооружения достигли большой толщины. Если коралловый риф сначала был береговым, то при опускании берега он не мог нарастать со стороны суши в силу вышеприведенных причин; между ним и сушей должен был возникать канал, отчего береговой риф превращался в барьерный. Если же коралловый риф был островным, то при медленном опускании острова рост кораллов

опережал понижение острова, и когда последний исчезал, то на его месте образовывалась лагуна, окруженная кольцом кораллового рифа.

Глубоководные осадки

Осадки средних глубин. Терригенный ил. Продукты истирания горных пород с величиной частицы меньше 0,01 мм в диаметре могут пребывать очень долгое время в морской воде во взвешенном состоянии и откладываются только там, где в океане волнение уже не сказывается. Такие минеральные частицы не могут отлагаться в мелководной полосе, так как морские волны распространяются в ней до самого дна; опускаясь постепенно вниз и выходя из области действия морской волны, они отлагаются глубже 200 м на откосе, идущем от континентальной платформы к морским пучинам. Образующиеся из скоплений таких мелких частиц осадки называются *илами*. Илы, отлагаясь в спокойной воде в течение длинных геологических периодов, образуют громадные толщи осадков. Нижняя граница терригенных илов трудно установима, так как в одних случаях илы исчезают уже с глубины 700—900 м, в других случаях встречаются даже на глубине 5000 м. Распространение терригенных илов зависит от того, как далеко в море относятся образующие их мельчайшие продукты истирания суши. Обычно поле распространения терригенных илов измеряется шириной в 250—300 км от берега, но при устьях больших рек и там, где существуют морские течения, направляющиеся от берега в море, область распространения терригенных илов увеличивается; так, при устье реки Амазонки они покрывают морское дно на 400—600 км от берега. На дне моря, в области терригенных илов, также обитает многочисленная фауна, но в силу того, что растения из-за отсутствия света с глубины 400 м начинают исчезать, травоядных животных здесь мало, а преобладают илоядные: головоногие моллюски, раки, рыбы, находящие себе пищу в илу, богатом органическими веществами из остатков организмов, попадающих на морское дно из верхних слоев моря. Твердые наружные известковые покровы или внутренние скелетные части этих животных часто встречаются среди терригенных илов, но ввиду подвижного образа жизни этих животных сколько-нибудь значительных скоплений они не образуют.

Терригенные илы различаются по окраске: а) серый или синий ил, окраска которого зависит от присутствия сернистого железа; б) красный ил, встречающийся в тропической области, своей окраской обязан отложению снесенной с суши красной почвы тропических стран — латериту; в) зеленый ил, содержащий минерал зеленого цвета — глауконит (водный железистый силикат с содержанием глинозема и калия).

Пелагические осадки. Терригенный ил является крайним осадком, который заносится в море с суши. Далее на дне моря могут отлагаться осадки, образующиеся только в самом океане. Но донная фауна на больших глубинах, за отсутствием света и в силу низкой температуры, очень бедна и потому образовать сколько-нибудь значительных скоплений осадков не может. Все возникаю-

щие здесь отложения обязаны скоплению оседающих на морское дно известковистых и кремнеземистых покровов планктонных животных и растений, населяющих верхние слои океана.

Несмотря на совершенную прозрачность вод океана, в поверхностных слоях его обитает обильная флора и фауна, которую можно разглядеть только под микроскопом. Большая часть живущих здесь микроскопических животных обладает наружным известковым скелетом. Если взвесить все количество известки, которое находится в скорлупках планктонных животных, живущих на первых 200 м от поверхности океана на площади квадратного километра, то окажется, что оно равняется 6000 кг. Отмирая, планктонные организмы, как непрерывный дождь, падают на морское дно. Их

тела гнивают, а известковистые и кремнистые скорлупки образуют на морском дне *органический ил*. Среди органических илов различают следующие разновидности:

Глобигериновый ил. Главную массу планктонных организмов составляют крошечные простейшие — корненожки из семейства *глобигерин* с тонким известковым скелетом, пронизанным дырочками, через которые эти животные выпускают свои псевдоподии. По

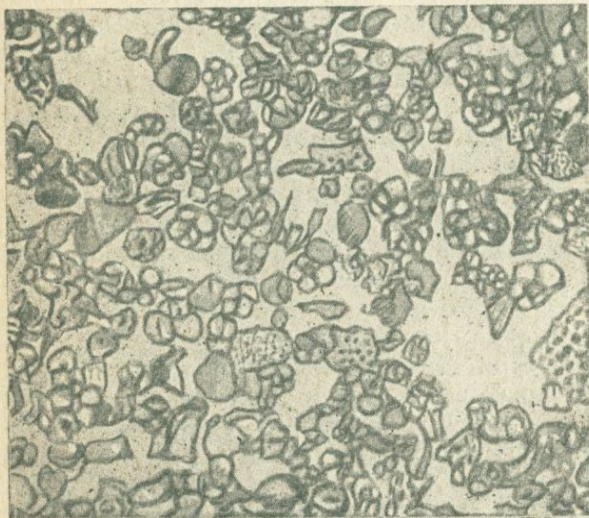


Рис. 107. Глобигериновый ил, взятый со дна Атлантического океана около острова св. Елены (увел. в 100 раз).

смерти животных скелеты их опускаются на морское дно, где и слагают главную массу *глобигеринового ила*. Но кроме глобигерин в этом илу встречаются и другие фораминиферы, кремневые панцыри *диатомей*, мелкие обломки раковин, минеральные зерна вулканического происхождения и целый ряд известковых пылинков причудливой формы, принадлежащих большей частью известковым водорослям; этим пылинкам дают название *кокколитов* и *раб-Долитов*; величина их колеблется от 0,01 до 0,0005 мм (рис. 107).

Корненожки встречаются на поверхности всех морей и поэтому примешиваются ко всем вышеуказанным морским осадкам; но в то время как в мелководных частях океана они отступают на второй план перед минеральными веществами, в глубоководной зоне они являются преобладающей частью осадков.

В свежем сыром состоянии глобигериновый ил желтый, высыхая, делается белым. Слеживаясь и окаменевающая, глобигериновый ил превращается в плотные известняки, слагающие мощные пласты

в земной коре. Примером окаменевшего глобигеринового ила может служить белый пишущий мел, слагающий целые горы на Украине и др. местах (рис. 108).

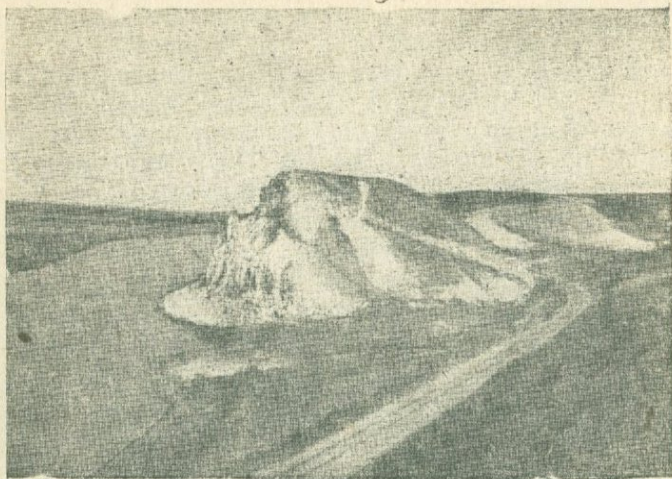


Рис. 108. Меловой уступ на правом берегу р. Дона в Воронежской обл. (по М. М. Василевскому).

Диатомовый ил. Глобигериновый ил является осадком средних глубин и теплого пояса. В северных морях и местами в Атланти-



Рис. 109. Диатомовый ил (увел. в 100 раз).

ческом океане вместо глобигеринового ила встречается диатомовый ил, образующийся из кремневых панцырей живущих в планк-

тоне диатомовых водорослей, или дробянок (рис. 109). Эти водоросли также мелки: в кубическом сантиметре воды их содержится от 2500 до 3200 экземпляров. Размножаются они чрезвычайно быстро: по вычислениям Эренберга, 1 диатомовая водоросль через 4 дня обладает потомством в 140 миллиардов. В Северном море они размножаются в таком количестве, что в одной Висмарской гавани, для того чтобы она не засорялась, приходится извлекать ежегодно около 550 кубических метров этих водорослей.

В свежем сыром виде чистый диатомовый ил желтого цвета, по высыхании превращается в белый. По окаменении переходит в связную породу, называемую *кизельгур*, или *горная мука*.

Радиоляриевый ил. Планктонные организмы встречаются во всех

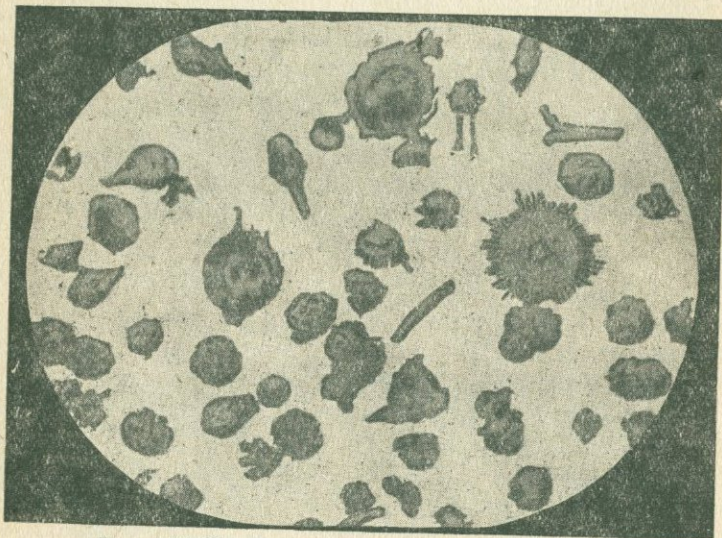


Рис. 110. Радиоляриевый ил (увел. в 100 раз).

морях, поэтому, казалось бы, такие распространенные животные, как корненожки, должны встречаться во всех морских осадках. Но в действительности этого нет, и наибольшие глубины океанов, начиная от 4000—5000 м, не содержат известковых осадков. Без сомнения, и в наиболее глубоководных местах океанов с поверхности падает огромное количество известковых скорлупок и раковин, но все они не достигают морского дна. Слой воды в 10 м оказывает давление, равное давлению одной атмосферы. Толща воды в 5000 м должна оказывать давление на дно океана в 500 атмосфер.

При возрастании давления растворимость углекислого кальция в воде увеличивается, и поэтому известковые скорлупки корненожек и тонкие раковины планктонных моллюсков с опусканием вглубь подвергаются все большему растворению и, наконец, на глубине 4000—5000 м исчезают вовсе.

Поэтому с таких глубин глобигериновые илы не встречаются совершенно на дне океана.

Но многие планктонные организмы имеют кремневые скелеты, более трудно поддающиеся растворению, как, например, диатомеи, радиолярии, губки. Поэтому за область распространения глобигеринового ила следует область более трудно растворимого органического ила, в котором преобладают кремневые скелеты радиолярий, почему и самый ил называется радиоляриевым илом (рис. 110). Радиоляриевый ил встречается на морском дне на глубине от 4000 до 8000 м.

Красная глубоководная глина. Радиоляриевый ил почти никогда не бывает чистым, и в его составе всегда встречается примесь красной глины, которая составляет главный осадок морских пучин и выстилает наибольшее пространство морского дна. Красный цвет этой глины зависит от присутствия в ней окислов железа и марганца; по составу она представляет очень мелкий аморфный материал бисиликата глинозема с примесью аморфного кремнезема, мельчайших зерен обломков минералов, по преимуществу пироксена, и кусочков пемзы; глубоководная глина обладает пластичностью, в воде распускается легко, в сухом состоянии тверда и на плоскостях разреза блестит. Из органических остатков попадают в ней кремнистые радиолярии, диатомеи, зубы рыб и ушные кости китов, которые благодаря своей плотности опускаются на дно океана, не растворяясь. Кроме того в ней часто попадают характерные крестообразные двойники *филлипсита* (минерала из группы цеолитов) и округлые марганцевые конкреции.

Красная глубоководная глина является продуктом химического разложения в морской воде и под большим давлением по преимуществу вулканических пород, главным образом вулканического туфа, вулканического песка и пемзы. Большинство вулканов располагается по берегам океанов, кроме того, существует много подводных и наземных вулканов на вулканических островах, разбросанных среди океана. Выбрасываемый при вулканических извержениях пепел, вулканический песок и мелкие камни разлетаются далеко по поверхности океана. Кроме того некоторые из этих продуктов извержений, как пепел и пемза, выпав на поверхность воды, некоторое время держатся на поверхности, образуя так называемые пепельные плоты. Так например при извержении Кракатау в 1883 г. масса пепла, выпавшая в Зондском проливе, образовала плот на поверхности моря в 30 км длиною, в 1 км шириною и до 4 м толщиной. Такие извержения, повторяясь многократно в течение долгой земной истории, доставляли на поверхность океана огромное количество вулканических продуктов, которые, будучи разнесены волнениями и ветром, должны были осесть на его дно. При своем осаднении, подвергаясь давлению вышележащих масс воды, эти вулканические продукты растворялись, и до морского дна доходил только остаток от их растворения, каковым и является красная глубоководная глина.

Химические морские осадки

Соли. Реки сносят с суши в море ежегодно 4,1 миллиарда килограммов растворенных химических веществ. Если бы в океане не было способов разгрузки приносимых в него солей, то океан дав-

ным давно был бы насыщен солями, которые отлагались бы на его дне. В действительности на дне океанов нигде не отлагается солей, и содержание солей в воде океана составляет только 3,5%.

Отсюда видно, что в океанах существуют процессы, посредством которых количество солей в воде океанов уменьшается, и поэтому морские воды далеки от своего насыщения.

Сравним состав химических веществ, приносимых реками и находящихся в морской воде.

Состав химических веществ, растворенных в речной воде:	Состав химических веществ, растворенных в морской воде:
CO ₃ — 35,15 ⁰ / ₀	CO ₃ — 0,21 ⁰ / ₀
SO ₄ — 12,14 ⁰ / ₀	SO ₄ — 7,69 ⁰ / ₀
Cl — 5,68 ⁰ / ₀	Cl — 55,29 ⁰ / ₀
Ca — 20,39 ⁰ / ₀	Ca — 1,19 ⁰ / ₀
Mg — 3,41 ⁰ / ₀	Mg — 3,79 ⁰ / ₀
Na — 5,79 ⁰ / ₀	Na — 30,59 ⁰ / ₀
K — 2,12 ⁰ / ₀	K — 1,10 ⁰ / ₀
SiO ₂ — 11,67 ⁰ / ₀	SiO ₂ — —
Al ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃) — 2,75 ⁰ / ₀	Al ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃) — —

При выпаривании речной воды содержащиеся в ней кальций и магний выпадают в форме углекислых и сернокислых солей, которые составляют почти 75% всех химических веществ в речной воде; при этом больше всего в ней содержится углекислых солей кальция и магния, составляющих 60% от всей массы растворенных химических веществ; натрий и калий в остатке от испарения находятся в виде хлористого натрия и хлористого калия, обеих этих солей немного — около $\frac{1}{10}$ по весу от всей массы сухого остатка. В остатке от выпаривания морской воды углекислых солей кальция и магния мало, сернокислых — также сравнительно немного, а преобладающей солью является хлористый натрий, который составляет 75% всего остатка от выпаривания морской воды.

Поглощение углекислых и сернокислых солей кальция и магния в морской воде объясняется жизнедеятельностью растений и животных, которые потребляют эти соли на построение своих тканей, наружных и внутренних твердых известковистых образований (раковины, скорлупки, кости и пр.). Удаление из раствора карбонатов и сульфатов сказывается на процентном повышении остальных веществ, в силу чего увеличивается в морской воде количество хлористых соединений.

Надо еще добавить, что рост содержания хлористых солей в водах океана происходит еще и от вулканических извержений, так как при последних выбрасывается из жерла вулкана много хлористых солей.

Но кроме поглощения солей из морской воды через жизнедеятельность растений и животных, количество соли в море может уменьшаться еще и другим путем. За исключением одной бухты на Красном море, соль нигде в настоящее время не отлагается на дне океана. Не так однако было в прошлые геологические времена. В осадочной земной коре среди морских отложений нередко встречаются мощные залежи хлористого натрия — *каменной соли* (галита) в сопровождении других морских солей. Так, около

г. Стассфурта в Пруссии на обширном протяжении среди мергелей и известняков имеется залежь каменной соли, сопровождаемой гипсом и ангидритом, мощностью в 900 м. Не менее значительные залежи соли, достигающие мощности 1400 м, находятся в Величке у подножья Карпатских гор; около г. Артемовска в Донецкой области залежь соли достигает 464 м мощности, в Илецкой Защите, Оренбургской области, буровая скважина в 140 м не прошла всей толщи каменной соли; мощные залежи каменной соли имеются в горе Чапчачи в Киргизской степи и в других местах.

Все такого рода скопления соли образовались, несомненно, из морской воды, так как они заключены среди пород морского происхождения и среди них находят остатки морских животных. Но отложение таких масс солей в открытом океане невозможно, так как если бы даже поваренная и другие легко растворимые соли отложились где-нибудь в открытом океане, то они должны были бы раствориться благодаря обилию воды в океане, далекой еще до насыщения. Поэтому необходимо допустить, что отложе-

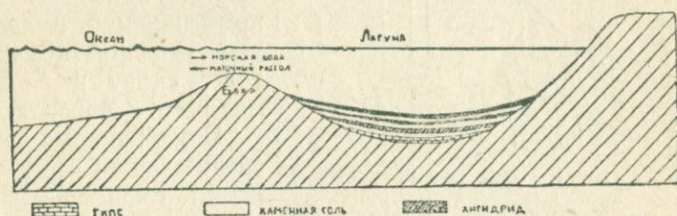


Рис. 111. Образование соли в лагунае (по Оксениусу).

ние каменной соли могло произойти только в испаряющихся морских лагунах, куда доступ морских вод был затруднен.

При содержании соли в воде океанов в 3,5% из слоя морской воды в 1 м толщиной при испарении отложится слой солей в 14 мм мощности. Наиболее глубокие морские заливы и лагуны имеют глубину в 600—700 м; из слоя воды толщиной в 600—700 м может образоваться пласт соли не более 9—10 м мощности. Для образования Стассфуртского и тому подобных месторождений соли понадобилась бы бухта в 100 км глубиной, но так как в океане вообще нет глубин, превышающих 9 км, то очевидно, что таких бухт быть не могло. Казалось бы, что образование залежей каменной соли путем испарения воды в заливах, отделившихся от океана, невозможно. Но теория происхождения залежей каменной соли, предложенная Оксениусом, устраняет вышеуказанное затруднение (рис. 111).

Согласно этой теории, мощные скопления морских солей образовались в лагунах, не сразу отгораживавшихся от моря, а долгое время находившихся с ним в связи. Морские волны, вступая в залив, встречают в нем спокойную воду, в силу чего поступательная сила волн ослабляется, и приносимый ими со дна моря песок отлагается при входе в залив. Из отлагаемых здесь таким способом песков вырастает подводный вал, или барьер, который затрудняет, но не прерывает совершенно обмен вод между заливом и морем. При испарении, превышающем количество осадков, уровень

воды в заливе будет понижаться, в силу чего начинается приток вод в залив со стороны моря. Благодаря испарению происходит концентрация солей в водах залива и, когда содержание солей повысится в пять раз, начинается выпадение из воды наиболее трудно растворимой соли водного сернокислого кальция, или гипса — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (рис. 112). Когда количество NaCl в воде увеличивается в 11 раз, наступает отложение поваренной соли. Поверх отлагающейся поваренной соли находится *маточный* рассол, состоящий, кроме хлористого натрия, еще и из других солей, содержащихся в морской воде. Благодаря притоку свежей морской воды, подвергающейся в заливе испарению, горизонт маточного рассола постепенно поднимается и достигает уровня барьера; вследствие большей своей плотности, маточный рассол начинает вытекать обратно в море.

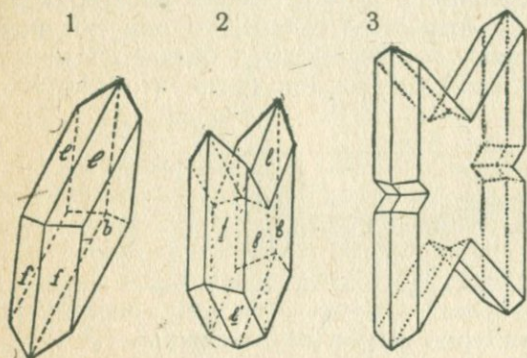


Рис. 112. Кристаллы гипса.

1 — простой кристалл, 2, 3 — двойниковые кристаллы.

Таким образом поверх барьера образуются два течения: одно — сверху, из притекающей в залив свежей морской воды, а другое — снизу и в море, из маточного рассола.

Притекающие в залив свежие воды во время волнений смешиваются с маточным рассолом, и их растворяющая способность уменьшается; в силу этого, а также благодаря испарению из вновь поступающих

в залив вод, начинает выделяться прежде всего наиболее трудно растворимая соль — гипс; последний, опускаясь на дно залива и проходя через насыщенный маточный рассол, отдает свою воду сильно поглощающим воду солям маточного рассола и отлагается в виде *ангидрита* — CaSO_4 поверх ранее отложившегося слоя поваренной соли. После образования слоя ангидрита начинает опять отлагаться слой поваренной соли и т. д. Процесс этот в продолжение тысячелетий мог привести к заполнению всей бухты отложениями поваренной соли и ангидрита. Одновременно с отложением солей на дне бухты от приноса волнами все новых и новых масс песка должен был увеличиваться располагающийся при входе в залив барьер. С течением времени поверхность его достигает уровня океана, и тогда залив отгораживается совершенно от моря. В силу продолжающегося испарения количество воды в заливе уменьшается, маточный рассол сгущается, и из него начинают выпадать остальные соли морской воды, среди которых находятся: сернокислый магний, хлористый магний, хлористый калий, двойные соли из этих соединений и затем более редкие бромистые, иодистые соли. Все эти соли составляют *висячий бок* залежей поваренной соли; в прежнее время при разработке поваренной соли они не ценились и шли в отброс, почему и получили название отбросных солей; но в настоящее время, в силу

большой потребности в них и особенно в калийных солях для химической промышленности, они представляют более ценный материал, чем поваренная соль.

Если образовавшиеся таким образом морские соли заносились сверху водонепроницаемыми глинистыми слоями, то в таком виде они сохранялись от растворяющего действия атмосферных вод и превращались в залежи каменной соли, сохранившиеся в земле в течение нескольких геологических периодов.

Отложение соли в вышеозначенных заливах должно было совершаться еще в зависимости от времени года. Отложение солей могло происходить только во время наибольшего испарения воды с поверхности залива, т. е. в жаркое время года — летом, причем сначала выпадали из воды гипс и ангидрит, а затем более легко растворимый хлористый натрий; в остальное время года, в особенности если количество осадков превышало величину испарения, осаждение солей на дне залива прекращалось и возобновлялось опять с наступлением следующего лета. Таким образом отложение слоев ангидрита и поваренной соли происходило по сезонам, что дало возможность Оксениусу высказать предположение о возможности определять по количеству слоев ангидрита и поваренной соли время отложения данного месторождения соли. Таким путем было подсчитано, что для образования Стассфуртского месторождения понадобилось около 10 000 лет.

Теория Оксениуса находит себе подтверждение в отложении солей, наблюдаемом в настоящее время на Каспийском море в заливе Карабугазе; хотя последний и принадлежит к замкнутому морю, но, судя по этому примеру, можно представить себе, что точно такие же условия могли существовать в прошлые геологические периоды и по берегам открытого океана. Залив Карабугаз лежит на восточном берегу Каспийского моря в непосредственном соседстве с Туркестанской пустыней (рис. 113). От Каспийского моря он отгораживается песчаным барьером, поднявшимся над водой в форме косы, в которой остался только небольшой пролив около 250 м шириной. Через этот пролив воды Каспийского моря текут в Карабугаз, где они подвергаются испарению и сгущению, благодаря иссушающему влиянию Закаспийской пустыни. Содержание соли в Каспийском море составляет 1,4%, тогда как в Карабугазе оно достигает 18—20%. Такая концентрация раствора еще недостаточна для того, чтобы на дне залива начал скопляться хлористый натрий, но другие, менее растворимые при низкой температуре соли, как например сернокислый натрий, уже начинают выделяться в зимнее время при этой концентрации.

Сернокислый натрий выпадает на дне Карабугаза в виде *глауберовой соли* или *мирабилита* — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, имеющей большое применение в технической промышленности. Общее количество мирабилита, могущее выделиться в заливе, определяется в 6 млн. т. Подобно тому как Карабугаз является в настоящее время опреснителем для Каспийского моря, большие заливы, бывшие на месте современного Стассфуртского, Величковского, Артемовского и других крупных месторождений каменной соли, в прошлые геологические периоды служили опреснителями океана.

Нефть и ее образование. Теория Оксениуса, получившая название теории баров, применима и к образованию нефти. Животные, проникающие через барьер в осолоняющуюся бухту, гибнут от маточного рассола и падают на дно залива, где таким образом могут возникнуть значительные скопления органического вещества. Как много гибнет организмов в таких заливах, можно судить по Карабугазу: рыбы, заходящие в него большими массами из Каспийского моря, в силу большой концентрации солей в воде Кара-

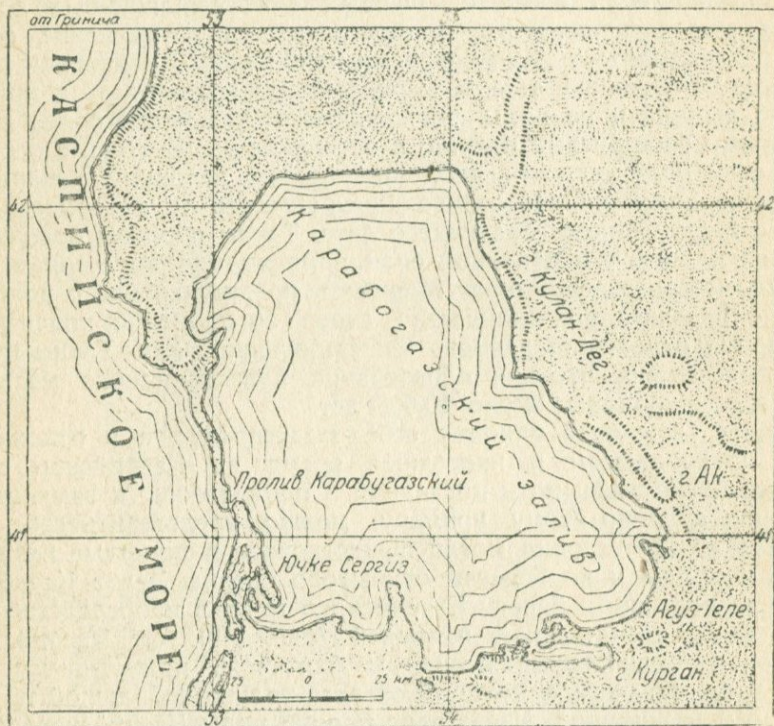


Рис. 113. Карабугазский залив на восточном берегу Каспия. Составлена автором. Долгота к Е от Гринвича. Масштаб 1:25 000 000.

бугаза, гибнут и трупы их выбрасываются волнами на берег моря в таком количестве, что чайки, выклевывающие только глаза этих рыб, не утруждают себя повернуть рыбу на другой бок, чтобы воспользоваться и другим глазом. Разложение организмов в воде происходит чрезвычайно медленно. Если при этом произойдет отложение поверх скопления органических остатков глинистого слоя, то доступ кислорода еще больше затрудняется, и гниение без доступа кислорода приводит к образованию жидких углеводов, называемых нефтью.

Энглеру удалось получить нефть опытным путем, посредством перегонки трескового жира под давлением в 20—25 ат и при температуре от 360 до 420°.

Нефть представляет жидкость, окрашенную в бурый, темнозеленый или даже черный цвет; реже встречается почти бесцветная

нефть. Встречается она на большей или меньшей глубине, пропитывая рыхлые породы — пески, пористые известняки, конгломераты и т. п. Добывается нефть буровыми скважинами. Когда такая скважина доходит до слоя с нефтью, то содержащиеся в последней летучие газы, по преимуществу метан, заставляют ее подниматься по обсадным трубам скважины и иногда даже бить фонтаном в несколько десятков метров высотой (рис. 114).

Если же количество газов невелико, то нефть или спокойно переливается через край скважины, или же даже не доходит до земной поверхности. В таком случае нефть выкачивается из скважины насосом.

В СССР нефть добывается в больших количествах в Баку, затем на северном склоне Кавказа, около г. Грозного, на р. Эмбе в Казахстане, на западном склоне Урала, на р. Ухте в Тимане и на острове Сахалине.

Фации

Из рассмотрения осадков, возникающих на дне моря, видно, что образование того или другого осадка на дне моря совершается до известной степени вне зависимости от широты местности и климата. На берегах Северного Ледовитого океана в побережье отлагаются такие же пески и

так же далее, в глубь моря, они сменяются отложениями мелкопесчаными и илами, как это наблюдается и в тропических морях. И только в некоторых отдельных случаях на характере осадков отражаются и климатические условия, как например при образовании коралловых известняков. В общем же, как правило, можно установить, что характер осадков зависит от местных физических условий, и каждому виду осадка отвечают определенные условия его образования на морском дне.

С физическими условиями среды тесно связаны и поселяющиеся на морском дне фауна и флора: характер последних совершенно меняется в зависимости от того — выстлано ли морское дно гли-

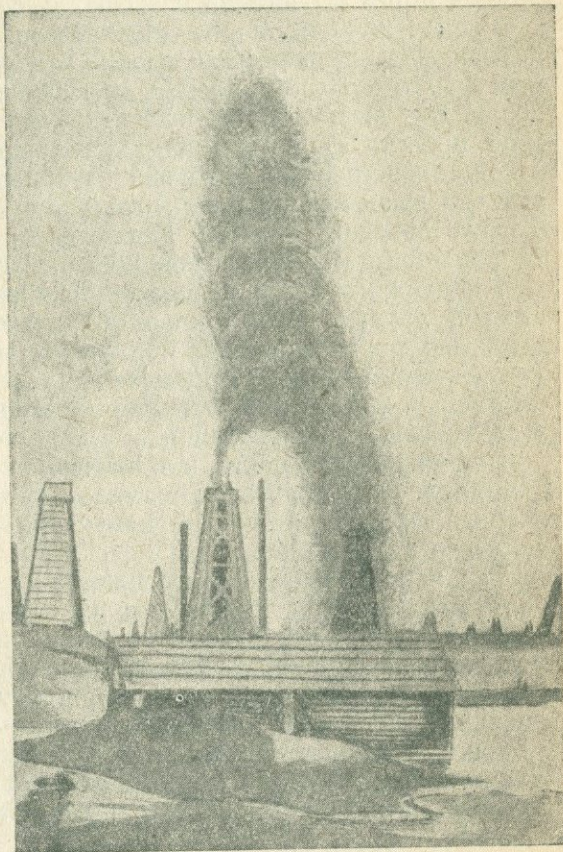


Рис. 114. Нефтяные буровые вышки и нефтяной фонтан в г. Баку.

ной, песком, галечником или представляет каменистое ложе. Изменение глубины на несколько метров вызывает значительные изменения фауны и флоры мелководной части моря и совсем не отражается на глубоководных обитателях. В силу этого каждому осадку свойственны отличительные особенности поселяющихся на нем фауны и флоры.

Каждый вид отложений со свойственным ему комплексом животных форм и растений называется *фацией*.

Различают следующие главнейшие области морских фаций: *литоральная, пелагическая и абиссальная*. К отложениям литоральных фаций относятся осадки, образующиеся от берега до глубины 200 м. Эту же фацию иногда называют *неритической*. К пелагической области фаций принадлежат осадки илистой консистенции, откладывающиеся на глубинах от 200 до 5000 м, а к абиссальной относят фации наибольших глубин в океанах. Каждая область в свою очередь включает ряд фаций; так, литоральная область распадается на фации галечников, песков, рифовую и т. д.

В горизонтальном направлении фации переходят постепенно одна в другую. Если произойдет изменение физических условий, например повышение или понижение морского дна, приближение или удаление от берега, изменение течений и т. д., то происходит перемещение фаций. Это приводит к смене одних фаций другими в вертикальном направлении.

Встречающееся часто в обнажениях земной коры чередование одних слоев с другими указывает на смену фаций, что в свою очередь свидетельствует об изменении физических условий отложившего их бассейна.

Так например часто встречающаяся в природе последовательность слоев из конгломерата, прикрывающегося песчаником, затем выше известняками, далее глинами и кремнистыми сланцами, может быть расшифрована следующим образом: конгломераты отложились в мелководной части моря, которое постепенно делалось глубже, в силу чего на фацию конгломератов надвинулась фация песков, с течением времени превратившаяся в песчаники; дальнейшее понижение морского дна привело к отложениям поверх песчаной фации пелагических фаций известняков, глин и кремнистых сланцев.

Обратное залегание слоев, т. е. внизу кремнистые сланцы, а по верху конгломераты, — указывает на противоположное движение морского дна и на постепенное обмеление моря.

Участие морских пород в строении материков

Наиболее глубокие океанические впадины остаются под водой с древнейших времен истории земли. В течение целого ряда долгих геологических периодов на дне их непрерывно происходило отложение осадков и образовывались пласты осадочной земной коры.

Точно так же и на суше есть местности, бывшие испокон веков сушей: это — области указанных выше кристаллических щитов. Но такие области занимают ничтожную часть материков, а большая

часть последних в земной истории неоднократно покрывалась морем. Море то затопляло значительные площади суши, в таком случае говорят о *трансгрессии моря*, то отступало от них в периоды *регрессии* или отступления моря.

Всякий раз как море заливало сушу, оно отлагало на ней большей или меньшей мощности морские осадки, становившиеся сушей при регрессии моря. Кроме того, значительные участки морского дна действием подземных сил поднимались выше уровня моря и присоединялись к суше. Самые высокие горы на материках — Гималаи, Кордильеры, Альпы — сложены из морских пород и представляют собой поднятые вверх части морского дна.

Почти все виды морских осадков встречаются на суше, лишь красная глубоководная глина нигде не встречена на материках. Отсюда и заключают о том, что наиболее глубокие океанические впадины, где отлагается красная глина, всегда были под уровнем моря и никогда не становились сушей.

Море заливало разные части суши не одновременно: в одних областях трансгрессии моря совершались в более ранние геологические периоды, в других — происходили в более позднее время. Нередко в одних и тех же местностях трансгрессии повторялись несколько раз, сменяясь периодами отступления моря. Точно так же и поднятие частей морского дна и присоединение их к материкам происходили в разное время. Одни из поднятий произошли очень давно, и поэтому образующие их морские горные породы принадлежат к древним морским образованиям, другие же совершились недавно и состоят из молодых участков морского дна. Поэтому в большинстве случаев на материках не встречается всех пластов осадочной коры, отложившихся последовательно на дне моря, а лишь отдельные части ее, образовавшиеся в различные геологические периоды.

Но на поверхности материков есть области, бывшие под океаном почти с самого начала земной истории и лишь в самое последнее время ставшие сушей. В таких местностях наслоение осадочной коры совершалось безостановочно, осадки последовательно наслаивались друг над другом — и почти вся осадочная кора представлена полностью. Одной из таких местностей является равнина Европейской части СССР.

VI. ВЕКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ — ЭПЕЙРОГЕНЕЗ

Земная кора, кажущаяся нам от века незыблемой и прочной, подвержена во многих местах *вековым колебаниям*, состоящим из очень медленных поднятий и опусканий. Такие движения земной коры называются *эпейрогеническими*, а самый процесс — *эпейрогенезом* (греческое слово, обозначающее «порождение материков»). Вековые колебания охватывают обширные области земной коры, в противоположность горообразовательным процессам, сказывающимся всегда в более или менее узких участках земной поверхности.

Вековые колебания земной коры приводят к смещению суши и моря, вызывая вышеуказанные *трансгрессии* и *регрессии* моря.

Многочисленные случаи нахождения морских отложений на

всех материках и перекрытие их континентальными осадками свидетельствуют о том, что вековые колебания земной коры неоднократно совершались в прошлые геологические периоды, но они не прекратились и по настоящее время.

В Италии, на берегу Неаполитанского залива в г. Поццуоли

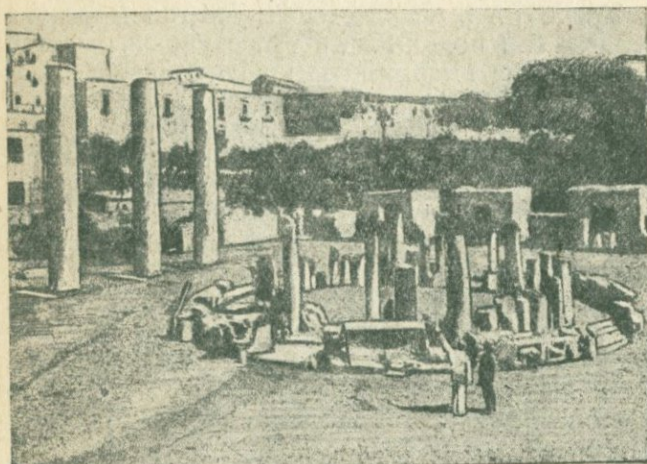


Рис. 115. Развалины древнего храма Сераписа в г. Поццуоли. Три мраморные колонны видны слева.

имеются развалины древнего храма Сераписа, открытого в 1742 г. из-под засылавшего их вулканического пепла. Фотография с этих развалин изображена на рис. 115. На левой стороне рисунка видны три хорошо сохранившиеся белые мраморные колонны высотой в 12 м. Нижняя часть этих колонн, как показано на рис. 116, усеяна маленькими отверстиями, просверленными в мраморе маленькими морскими животными *камнеточцами*, раковинки которых и до сих пор попадают в оставленных ими на колоннах ходах. Очевидно, что некогда этот храм был затоплен морем и его колонны по крайней мере наполовину находились под водой.

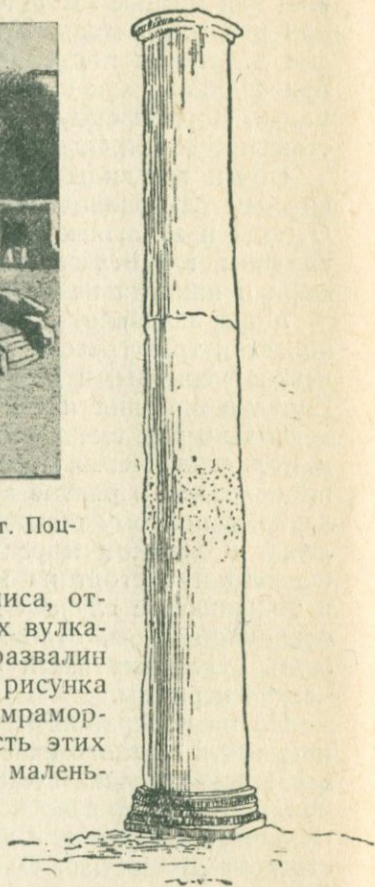


Рис. 116. Одна из колонн храма Сераписа, изъеденная в средней части камнеточцами.

Кроме того, на дне современного моря найдена древняя римская дорога, проходившая между храмом и берегом моря, а также большие каменные глыбы, к которым привязывались суда, приходившие с товарами в древний римский город ПUTEОЛИ.

На рис. 117 изображена реставрация этого города так, как он должен был бы выглядеть во времена Римской империи в третьем столетии нашей эры. Город был расположен по берегам узкой бухты, и высокое с колоннами здание изображает тот храм, развалины которого были открыты из-под пепла в XVIII столетии. На заднем плане направо виден далеко вдающийся в море возвышен-

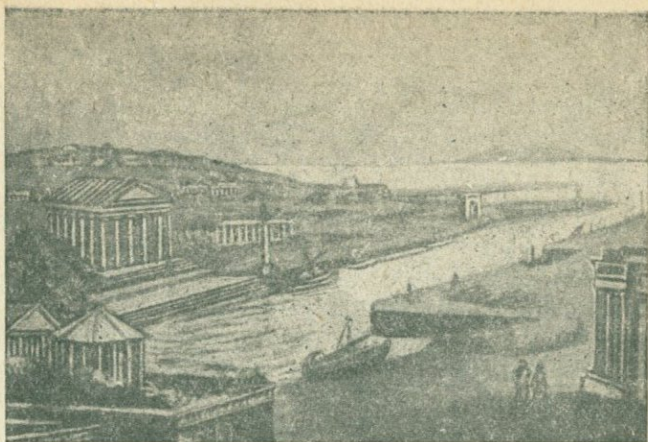


Рис. 117. Храм Сераписа в г. ПUTEОЛИ в III в. нашей эры (реставрация).

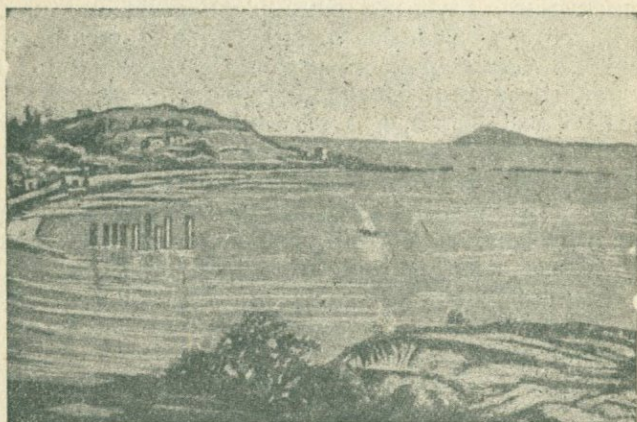


Рис. 118. ПUTEОЛИ в IX в. Разрушенный храм и значительная часть города погрузились в море.

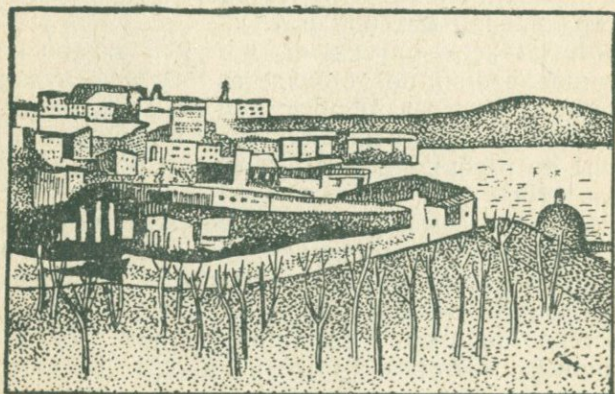


Рис. 119. Современный г. ПОЦЦУОЛИ. В средней части рисунка слева видны три колонны храма Сераписа.

ный мыс. Затем произошло извержение Везувия, город был разрушен и частью засыпан пеплом, а в дальнейшем вся эта местность подверглась опусканию; берег вместе с проходящей по нему дорогой и остатками города погрузился в море по крайней мере до той высоты, до которой на колоннах имеются ходы камнеточцев. Опускание должно было достигать не менее чем 12,2 м. На рис. 118 представлен вид этой местности в середине IX века, когда она была затоплена морем. Возвышенный мыс, показанный на заднем плане рис. 117, к этому времени превратился в остров.

В дальнейшем началось обратное движение земной коры, и развалины полузасыпанного храма Сераписа вышли из-под воды, равно как и окружающая его местность, на которой вместо разрушенного римского города Путеолы вырос современный итальянский городок Поццуоли. Отделившийся в середине века от материка остров снова соединился с сушей, как это показано на рис. 119, изображающем вид современного г. Поццуоли с тремя колоннами, оставшимися от древнего храма Сераписа.

Другим классическим примером вековых колебаний суши является Фенноскандия. Судя по нахождению высоко над уровнем моря морских террас, желобов размывания, морских осадков с современными морскими раковинами, можно заключить, что вся эта область подвергается в настоящее время поднятию. По историческим данным установлено, что столица Швеции Стокгольм поднимается со скоростью 0,24 м в столетие.

Шведский ученый Де Геер, соединив линиями точки с одинаковым поднятием в различных местностях Фенноскандии, установил так называемые *изобазы* или линии поднятия Фенноскандии (рис 120). Последние показывают, что поднятие Фенноскандии происходит в виде купола, и наибольшее поднятие наблюдается вдоль длинной оси Скандинавского полуострова, где поднятие достигло 270 м над уровнем моря.

В то время как в одних местах земная кора поднимается, в других она опускается. Так например почти все южное побережье Балтийского моря испытывает медленное опускание. Точно так же испытывают опускание берега Северного моря, пролива Ламанша, берега Черного моря около Сухума, восточные берега Северной Америки, австралийский материк и т. д.

Наибольшим из всех опусканий, которые можно констатировать в настоящее время, представляется область Атлантического океана при устье р. Конго в Африке. Как показали измерения глубины океана, русло р. Конго продолжается на его дне в виде подводной долины до глубины почти в 2000 м и более чем на 130 км от берега (рис. 121).

Вековые колебания земной коры установлены не только по берегам морей, но и внутри материков. Так например в настоящее время испытывают медленное опускание почти вся Франция, предгорье Альп в Баварии, область около Боденского озера, местность по берегам озера Мичиган в Северной Америке. Судя по погружению коралловых построек в море на многих островах Тихого океана можно думать, что на дне его имеются также обширные области опускания.

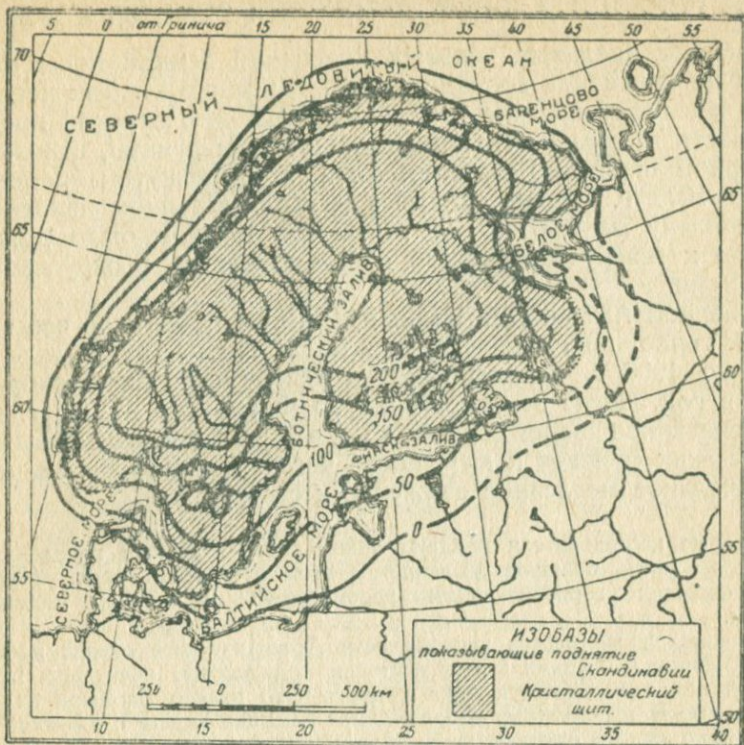


Рис. 120. Изобазы поднятия Фенноскандии в метрах с послед-
 никového периода по настоящее время. Масштаб 1:25 000 000.
 По Огу.

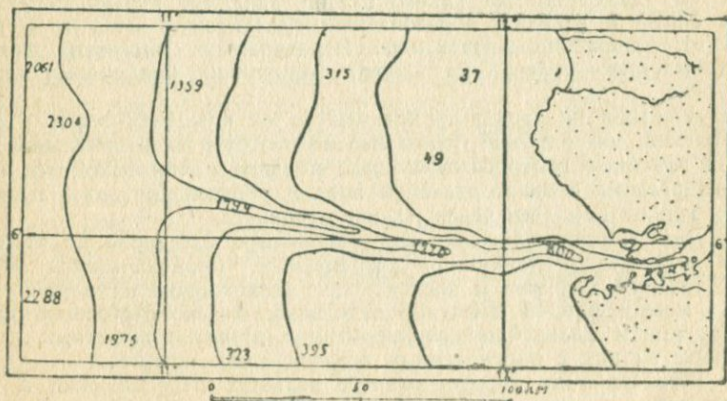


Рис. 121. Подводная долина р. Конго. Долгота к Е от Гринвича.
 По Кайзеру.

VII. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Кроме вертикальных вековых колебаний земной коры наблюдается еще и вековое горизонтальное движение ее. Так например тщательные геодезические измерения в Верхнебаварской предгорной области показали, что триангуляционные пункты, заложенные на северной окраине Баварских Альп, в промежуток времени от 1801 по 1905 г. переместились в северо-восточном направлении к г. Мюнхену на 0,25—1 м. Таким же образом было доказано движение к северу Женевского озера совместно с окружающими его Альпами.

В Северной Америке на Калифорнийском побережье все геодезически точно определенные пункты к северу от Гольден Гет с 1868 по 1906 г. перемещались к северу со средней скоростью 0,052 м в год. После землетрясения во Франциско в 1906 г. произошло внезапное перемещение на 1—2 м всех вышеуказанных геодезических пунктов к югу, после чего снова возобновилось их первоначальное медленное движение к северу.

Некоторые исследователи придают таким горизонтальным передвижениям земной коры очень большое значение. В этом отношении надо указать на теорию больших горизонтальных перемещений материков, выдвинутую Вегенером.

Противоположные берега южной части Атлантического океана в области Южной Америки и Африки имеют настолько одинаковые очертания, что при сближении они вкладываются друг в друга. Это навело Вегенера на мысль о том, что миллионы лет тому назад Южная Америка вместе с Африкой представляла один общий материк, который в меловой период раскололся на две части, впоследствии распозавшиеся в западном направлении друг от друга и образовавшие отдельные материки Африки и Южной Америки. Подобно этому и Северная Америка первоначально прилежала к Европе и откололась от нее в конце третичного времени по трещине, разветвляющейся у Гренландии. Доказательство общности этих материков подтверждается сходством геологического строения горных пород, расположенных на смежных сторонах разрыва. Таким же путем, отделившись от южной Азии, образовалась Австралия, а от восточной части Азиатского материка откололись гирлянды островов. Встречая на своем переднем крае при движении на запад сопротивление более древнего и более глубоко охлажденного и потому сильно противостоящего боковому давлению дна Тихого океана, западные окраины обеих Америк были смяты в складки, образовавшие грандиозную цепь Анд, простирающиеся от Аляски до Антарктиды. Передвижения материков возможны потому, что материки плавают на поверхности жидких, подкорковых магм, как плоты на реке.

Кроме движения на запад, происходящего от вращения земли в восточном направлении, материковые глыбы перемещаются в экваториальном направлении под влиянием центробежной силы, в связи с чем находится образование пояса разлома в экваториальной зоне и образование здесь громадных складчатых гор от Гималаев через Альпы до Атласа.

Конфигурация и расположение первоначальных материков по этой гипотезе были совершенно отличны от современных. Первоначальная общность отдельных теперь материков и последующее расхождение их хорошо объясняют связь между флорой и фауной отдельных, далеко отстоящих друг от друга материков и дальнейшее изолированное развитие животных и растительных форм на них с определенных геологических моментов.

Кроме Вегенера идея горизонтальных больших передвижений в земной коре имеет защитников еще и среди других ученых, но общего признания она еще не получила.

VIII. ГОРООБРАЗОВАНИЕ — ОРОГЕНЕЗ¹

В большей части прилагаемого разреза земной коры от Финляндии до Азовского моря (см. геологический профиль в конце книги) земные пласты показаны в виде слабо изгибающихся линий. Такое изображение волнистого залегания пластов осадочной коры получилось благодаря очень мелкому масштабу профиля; при наблюдении же в естественных разрезах почти все пласты от Финляндии до Азовского моря представляются лежащими горизонтально. Но такое нормальное напластование встречается не всюду в осадочной коре, и во многих местах земные слои находятся в нарушенном положении: собраны в складки, разбиты трещинами, смещены или надвинуты друг на друга.

Нарушение нормального залегания земных пластов происходит под действием горообразовательных процессов, создающих на земной поверхности горы, плоскогорья и впадины.

Не все горы и возвышенности на земной поверхности возникают благодаря горообразовательным процессам. Вода, в виде рек и потоков, разрезает местность глубокими долинами и оврагами, врезающимися иногда, как например ущелье р. Колорадо, на глубину до 1000 м. С течением времени речные долины и овраги, увеличиваясь в своих размерах и соединяясь в вершинах, разбивают ровную до того времени страну на ряд гор и возвышенностей. Ветер делает то же самое, что и вода, только, может быть не в столь правильной форме. Врываясь где-нибудь у края равнины в ущелье, он развеивает его склоны, распыляет горные породы, заставляет рывину расти вверх и разветвляться, отчего ровная ранее местность делится на ряд возвышенностей, постепенно нисходящих до очень скромных размеров остаточных гор, или останцев.

Не менее сильное расчленение равнин производят ледники. Многочисленные скандинавские фиорды или переуглубленные долины Альп служат наглядным примером выпахивающей работы льда. Все такого рода возвышенности часто объединяются под одним названием *денудационных* возвышенностей; это значит, что все они произошли от разрушения земной поверхности.

Горы могут возникнуть еще и другим путем. Вырывающиеся при вулканических извержениях из недр земных пепел и лава образуют кругом жерла вулкана гору, достигающую иногда высоты нескольких тысяч метров, как например у вулканов Гавайских островов, поднимающихся со дна моря на 8000 м. Менее значительные возвышенности образуются при насыпании ветром дюнных холмов. Дюны Сахары поднимаются до 150—200 м. Валообразные морены, отлагаемые ледником из приносимого им рыхлого материала, также могут дать начало возвышенностям. Конечные морены, оставленные былым оледенением в области р. Вилии (приток Немана), достигают 180 м высоты и 3 км в ширину.

Всем подобного рода возвышенностям дают название *аккумуляционных*, т. е. *насыпных гор*.

¹ Греческое слово, обозначающее: порождение гор.

Но гораздо чаще горы на земной поверхности образуются благодаря вертикальным и боковым движениям в земной коре, происходящим под действием подземных сил. Все горы, происшедшие от действия подземных сил с нарушением нормального залегания земных пластов, называются в отличие от вышеуказанных типов гор — *тектоническими горами*, что указывает на образование этих гор с нарушением первоначального горизонтального залегания земных пластов. Нарушение или *дислокация* в положении земных пластов при образовании тектонических гор может происходить различным образом, в силу чего тектонические горы являются разнообразно построенными. Представление о главнейших типах тектонических гор можно получить, исходя из следующего наглядного опыта.

Если мы возьмем ряд полос из материи или пропускной бумаги и начнем их сжимать с боков между двумя досками, то по-

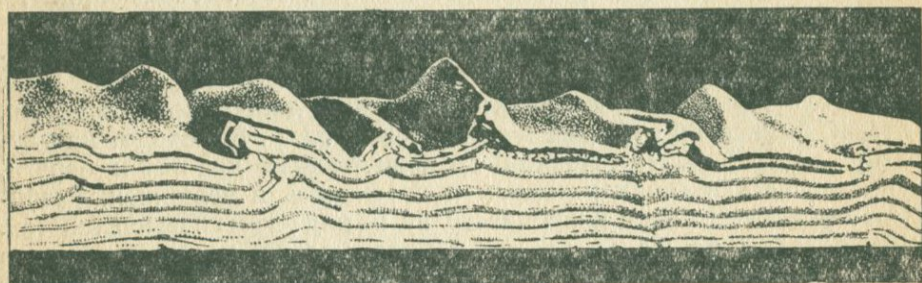


Рис. 122. Воспроизведение складок на слоях глин посредством бокового давления.

лосы материи соберутся в складки (рис. 122). Большинство горных цепей и хребтов, существующих на земной поверхности, представляют не что иное, как подобным же образом собранные в складки пласты земли под влиянием бокового давления. К таким горам принадлежат Кавказ, Гималаи, Анды, Альпы, Пиренеи и др. горы. Все такого рода горы называются *складчатыми горами*.

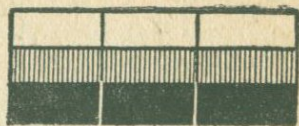
Хорошо выраженные складки сохраняются однако только у молодых хребтов, как например у Кавказа, Альп, Гималаев, тогда как в древних складчатых горах складки в значительной степени уничтожаются последующими геологическими процессами; в старых горных цепях наблюдаются только корни или стержни складок. В отличие от молодых складчатых гор, старые складчатые горы называются *остовными горами*. Примером таких гор может служить Тиманский хребет.

К представлению о совершенно ином типе гор мы приблизимся, если возьмем несколько правильно сложенных друг над другом кирпичей (рис. 123а) и удалим один из нижнего ряда их. Тогда кирпичи, расположенные над удаленным кирпичем, осядут вниз, и в поверхности кирпичей образуется уступ (рис. 123б). Если мы удалим еще один кирпич из основания, но с другой стороны, то в поверхности кирпичей получится новый уступ на стороне, про-

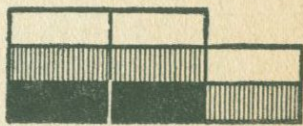
тивоположной первому. Расположенные между этими двумя уступами кирпичи получают характер выступа (рис. 123в).

Возвышенностям, образующимся на земной поверхности от опускания прилегающих частей материка, подобно выступу на нашей модели, дают название *массивных гор*. Примером массивных гор могут служить Памир, Тянь-Шань, Шварцвальд и другие.

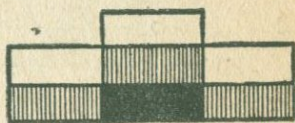
Все перечисленные типы гор являются *простыми* или *основными* типами. Кроме них могут быть и сложные горы, возникшие не по одному, а по нескольким способам образования. Так например сформировавшиеся складчатые горы могут, в силу смещения пластов земной коры по вертикальным направлениям, презратиться в складчато-массивные горы, как это наблюдается например в Алтайских горах. Кроме того каждая горная система разрушается под действием размывающей работы текучей воды, выпахивающей деятельности ледников, развевающей силы ветра, и если действие этих процессов в них зашло далеко, то чистый тип массивных и складчатых гор превращается в массивно-денудационные и складчато-денудационные горы.



а



б



в

Рис. 123. Пояснение образования массивных гор на моделях.

1. Складчатые горы

Большинство молодых складчатых гор на земной поверхности приурочено к береговой полосе океанов и морей. В виде узкого пояса складчатые горы опоясывают Великий океан, проходя в Старом Свете от Новой Зеландии через Зондские, Филиппинские, Японские, Курильские острова и Камчатку, далее через Алеутские острова переходят в Новый Свет, в Северную и Южную Америку, где под именем Кордильеров протягиваются вдоль всего западного побережья от Аляски до Патагонии (рис. 124).

Начиная с Зондских островов, от меридионального пояса гор отходит широтная ветвь складчатых гор; она проходит по северному побережью Индийского океана через Малайский полуостров, Бирму, Гималаи, Каракорум, Куэнь-Лунь, направляется далее на запад через Афганистан, Малую Азию, Кавказ, к побережьям Средиземного моря, где слагает так называемый Средиземноморский пояс гор. В состав последнего входят: Балканы, Аппенины, Карпаты, Альпы, Пиренеи, Сьерра-Невада, в Африке — Атлас и горы Марокко.

По своей форме складчатые хребты или представляют прямолинейные цепи гор, как например Кавказ и Пиренеи, или чаще всего имеют форму дуг, как например Альпы, Карпаты, Гималаи. На

образованный крыльями складки, — называется осевой плоскостью, а ее пересечение с перегибами крыльев — осью складки.

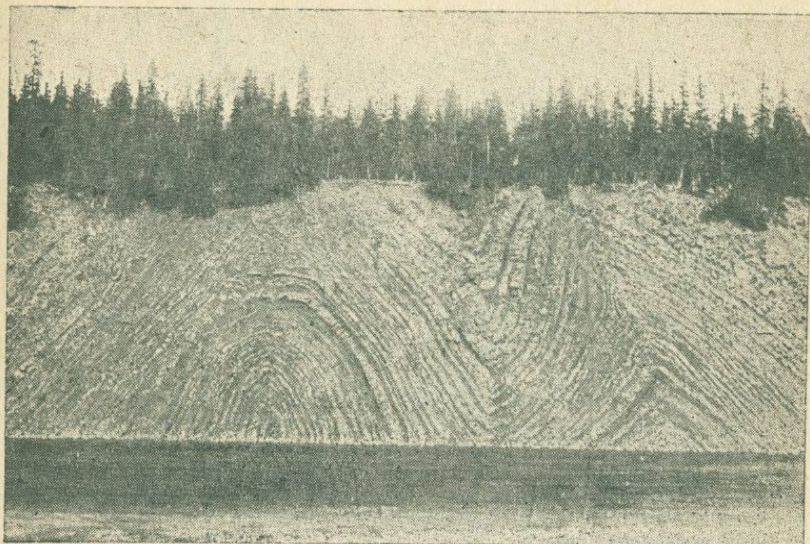


Рис. 125. Антиклинальные и синклиналильные складки в юрских отложениях бассейна р. Печоры (по фот. Н. А. Кулика).

Склоны складки называются *крыльями* складки. Направление наклона крыла складки называется *направлением падения*, а угол, под которым наклонено крыло к горизонту — *углом падения*.

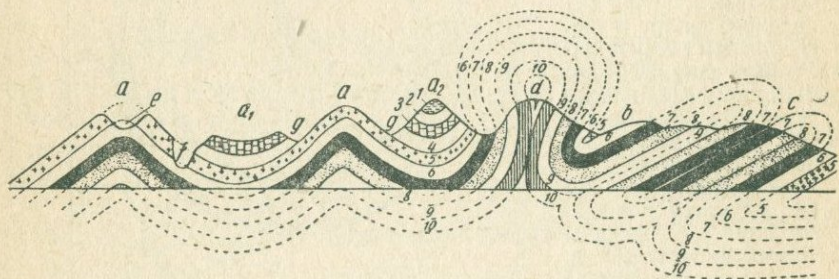


Рис. 126. Нормальные антиклинальная и синклиналильная складки и косая антиклинальная.

a — антиклинальные; a_2 — синклиналильные; d — веерообразная с воздушным седлом; c — изоклинальные.

Часто большая часть складки является уничтоженной и остаются только обрывки крыльев в виде наклонно поставленных слоев (рис. 127). По этим остаткам можно определить простирание складки и угол падения ее крыла. С этой целью пользуются *горным компасом*.

Горный компас (рис. 128) отличается от обыкновенного компаса следующим приспособлением: он вложен в прямоугольную медную коробку со сторонами, параллельными N—S и E—W направлениям. W—в компасе помещен —E, и наоборот. Внутри компаса помещен отвес угломер.

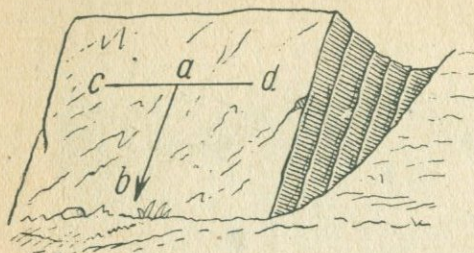


Рис. 127. $c-d$ линия простирания;
 $a-b$ —линия падения.

на лимбе компаса по положению стрелки, какой угол с магнитным меридианом или азимут составит линия простирания пласта. Так например, если положение стрелки показывает NE—30°, то это и обозначает простирание пласта, и следовательно и простирание складки.

Направление падения пласта (линия $a-b$, рис. 127) идет перпендикулярно к линии простирания. Оно определяется или путем соответствующего отсчета

к лимбу компаса, или же непосредственным измерением, ставя длинное ребро компаса по направлению падения пласта и отсчитывая при этом отклонения стрелки от магнитного меридиана.

Угол падения измеряют отвесом, помещенным внутри компаса. Для этого располагают компас по линии падения пласта и ставят его на бок таким образом, чтобы длинное ребро коробки компаса приняло горизонтальное положение. После этого наклоняют компас до тех пор, пока длинное ребро его не достигнет полного соприкосновения с наклонной поверхностью пласта. Угол отклонения отвеса компаса от вертикального положения, отсчитываемый на внутреннем лимбе компаса, и будет углом падения пласта.

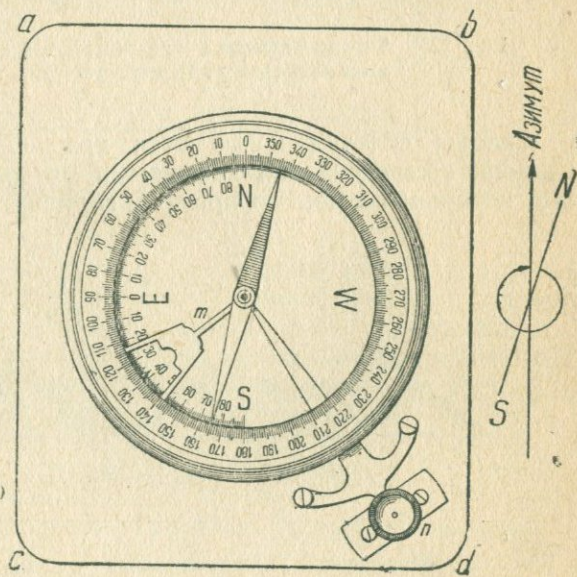


Рис. 128. Горный компас.

Все виды складок разбиваются на следующие группы:

1. **Нормальные складки.** Сюда относятся такие синклиналильные и антиклиналильные складки, у которых крылья, сходящиеся под углом, расположены симметрично по отношению к оси складки (см. рис. 125 и 1, 2 на рис. 126).

Если ось складки занимает вертикальное положение, то складка называется *стоячей* или *прямой*. Если же ось складки наклонена к горизонту, то в таком случае возникает *косая* складка. Если ось складки приближается к горизонту, то складку называют *опрокинутой* или *лежачей*.

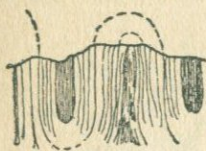


Рис. 129. Стоячие изоклиналильные складки.

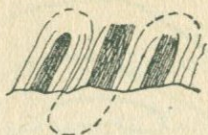


Рис. 130. Косые изоклиналильные складки.



Рис. 131. Лежачие изоклиналильные складки.

2. *Изоклиналильные складки*. К этой группе относятся складки, у которых крылья расположены параллельно друг другу (рис. 129). Среди изоклиналильных складок встречаются стоячие, косые и лежачие (рис. 130, 131; см. также рис. 129).

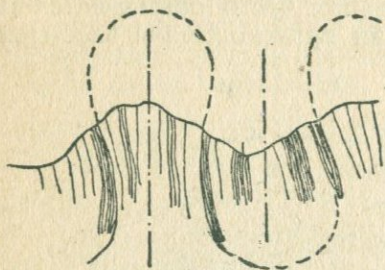


Рис. 132. Веерообразные складки.

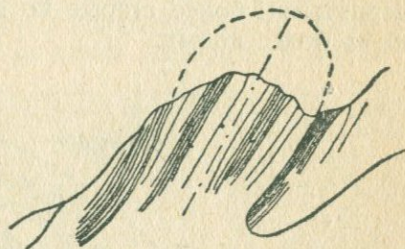


Рис. 133. Косая веерообразная складка

3. *Веерообразные складки*. Если крылья складки в своей нижней части образуют к вершине складки не сходящийся, а расходящийся угол наподобие веера, то такого рода складки обозначаются как веерообразные складки (рис. 132). Последние также могут быть стоячими, косыми и лежачими (рис. 133).

4. *Флексуры* или *моноклиналильные складки*. Под таким названием обозначают односклонную складку, по формуле напоминающую колено (рис. 134).

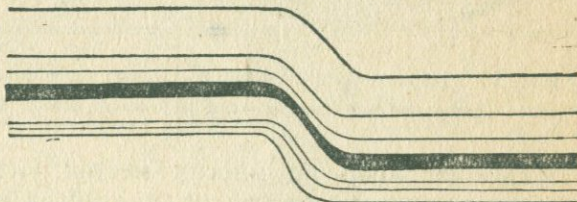


Рис. 134. Флексура.

Перекрытые складчатые горы. Кроме симметричных складчатых гор существуют несимметричные складчатые горы. Последние образуются в силу перекрытия данной местности одной или несколькими лежащими складками, возникающими от горизонтального передвижения складок на значительные расстояния от первоначаль-

ного их месторождения. Подробные исследования Альп, произведенные в последнее время, показали, что горные породы, образующие Западные, Средние и часть Восточных Альп, не имеют корней в том месте, где они находятся, и являются гигантскими глыбами, оторванными от своих коренных месторождений, расположенных



Рис. 135. Схема перекрытых складок в Сев. Альпах.

значительно южнее. Складки Альпийских гор оказались передвинутыми в горизонтальном направлении на расстоянии 100 километров. В связи с этим земные пласты в Альпах часто оказываются перевернутыми: более старые по времени происхождения пласты лежат на более новых.

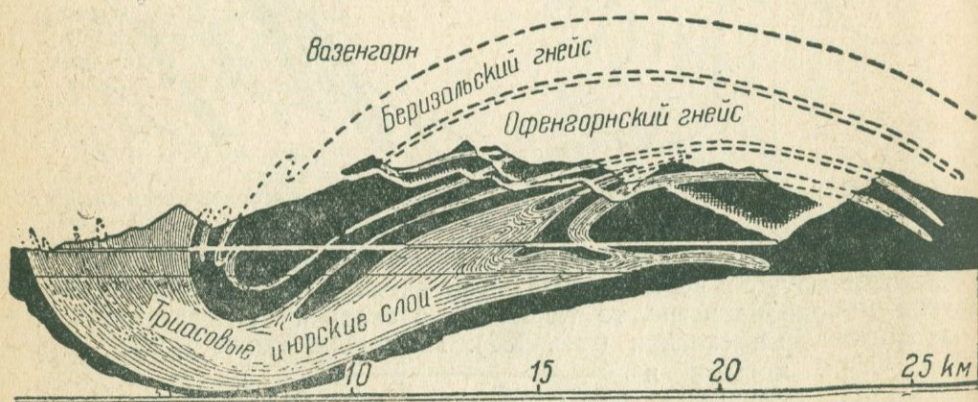


Рис. 136. Перекрытые складки в Альпах, пройденные Симплонским тоннелем. Древние кристаллические породы — гнейсы — лежат поверх более молодых триасовых и юрских слоев.

Так например во многих местах Глернских Альп эоценовые осадки прикрываются сверху юрскими, а еще выше — отложениями триасового времени.

Все эти явления объясняются тем, что Альпы произошли от последовательного надвигания с юга на север громадных лежащих складок, из которых нижние являются старыми, а верхние — наиболее молодыми (рис. 135 и 136).

Кроме Альп, подобные перекрытия в настоящее время найдены еще в некоторых местностях, как-то: Карпатах, Аппенинах, Пиренеях и в некоторых азиатских горах.

2. Массивные горы

Очень часто прочность горных пород оказывается меньше, чем сила горообразовательного процесса, и тогда в земной коре образуются изломы. По линии изломов участки земной коры смещаются

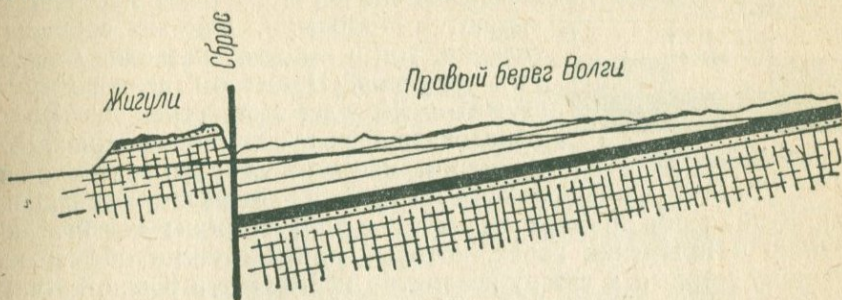


Рис. 137. Сброс в Жигулевских горах на Волге.

в вертикальном направлении, благодаря чему возникают массивные или глыбовые горы. Если два участка земли передвигаются друг относительно друга в горизонтальном направлении по линии излома, то такое перемещение пластов земли называют *сдвигом*.



Рис. 138. Сброс в известняках на Мангышлаке. (По фотогр. М. В. Боярунаса).

Если два участка земли перемещаются друг относительно друга в вертикальном направлении, и один из них опускается против своего прежнего уровня, то тогда возникает *сброс* (рис. 137 и 138).

В случае образования сброса в какой-нибудь местности одно крыло его опускается, а другое, оставшееся, образует горный массив. Верхний край обрыва в оставшемся крыле получает название *гребня* или *ребра* массива. Горные породы, слагающие массив, могут быть горизонтально напластованными — такого рода массивы называются *столовыми*, или же собраны в складки, тогда им дают название *складчатых массивов*. Примером первого могут служить Жигулевские горы на Волге, образовавшиеся в силу сброса (рис. 137); примером массивов второго разряда являются Гарц и Рейнские сланцевые горы.

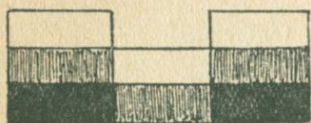


Рис. 139. Модель гребена.

Если сброс прошел только с одной стороны массива, как например в Крымских горах, которые почти отвесно обрываются к Черному морю и к северу незаметно переходят в Южно-Русскую равнину, то такие массивы называют *однобокими* массивами. В случае не одного, а нескольких сбросов на краю массива, располагающихся ступенеобразно друг над другом, сброс называют

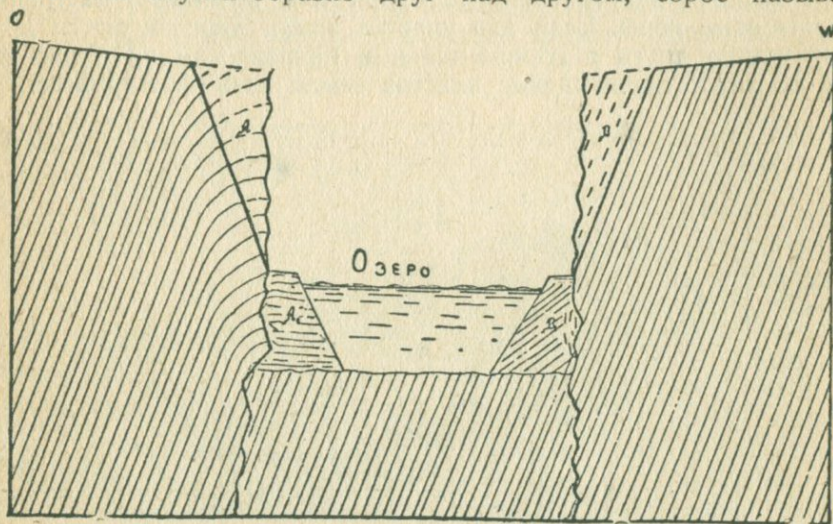


Рис. 140. Габен Телецкого озера на Алтае.

А и В — обвалившиеся массы горных пород после образования габена.

ступенчатым сбросом. К числу таких ступенчатых сбросов относятся Тянь-Шань и Алтайские горы. Если же массив окаймляется сбросами не с одной стороны, а с двух или нескольких противоположных друг другу сторон, то тогда подобному массиву дают название *горста* (см. рис. 123в).

Горы горстового типа встречаются очень часто на земной поверхности и достигают громадных размеров. К ним относятся наиболее древние массивы, составляющие ядра Французского центрального плоскогорья, Тюрингенского леса, Шварцвальда, Vogез, Финляндско-Скандинавской возвышенности, Ангарский, Бразильский, Канадский щиты. Многие из этих гор имеют сотни километров в поперечнике.

Прямую противоположность горстам представляют *грабены* (рис. 139 и 140). Если горст есть участок земной поверхности, ограниченный площадями опускания, то грабен есть площадь опускания между сохранившими свое положение частями земной поверхности. Наиболее значительный грабен на земной поверхности находится в восточной Африке. Он начинается от озера Ньясса, и, направляясь на север, распадается на две ветви. Западная ветвь, «центральный африканский грабен», направляется на NW и проходит через озера: Танганайка, Альберт-Эдуард и Альберт-озеро. Восточная ветвь грабена направляется на север и проходит через озеро Рудольфа и Стефания, через Абиссинию, далее между последней и западным изломом Сомалийского плато, через Красное море к Мертвому морю и к Иорданской долине (рис. 141). Общая длина этого грабена измеряется в 6000 км. Зюсс называет его величайшим шрамом на лике земли.

Большие грабены известны еще в Азии. Грабен озера Байкала занимает до 750 км длины, 85 км ширины и с глубиной до 1147 м. Грабен Телецкого озера (рис. 140) измеряется в 77 км длины, в 5 км ширины и до 380 м глубины.

3. Разрушение и рост гор

Если сравнить всю поверхность суши, распределив по ней ровным слоем массу всех гор, то тогда материки будут представлять собою плоские выступы, поднимающиеся на 700 м над поверхностью океанов.

На земной поверхности совершается целый ряд геологических процессов, которые ведут к разрушению суши и понижению ее высоты над уровнем моря. Каждый дождевой ливень, обрушивающийся на землю, образует потоки, уносящие с собой с поверхности земли глину и песок; всякий ручей и всякая река размывает свои берега и углубляет свое русло, увлекая по течению большие количества смытой земли; морские волны, ударяясь о берега, разрушают скалы и по кусочкам размывают целые острова и материки, срезая их поверхность до уровня моря. Ветер, действуя механически, отрывает от горных пород частички пыли и уносит их далеко от места их первоначального нахождения и т. д.

Если сложить сумму действия всех этих сил, то окажется, что с поверхности материков ежегодно сносится слой земли от 0,8 до 1 мм толщиной. В тысячу лет это составит слой в 1 м, а чтобы снести с поверхности материков слой земли в 700 м, понадобилось бы 700 тысяч лет; другими словами, нужно было бы 700 тысяч лет, чтобы все горы на земле исчезли и поверхность суши достигла одного уровня с океаном.

Если даже допустить, что высота земных гор раньше была значительно больше настоящей, то и тогда горы не могли бы сохраниться, так как время существования Земли измеряется многими миллионами лет.

Исходя из этих соображений, необходимо допустить, что горы, существующие на поверхности земли, не только разрушаются, понижаются и исчезают, но растут и зарождаются вновь. Геологи-

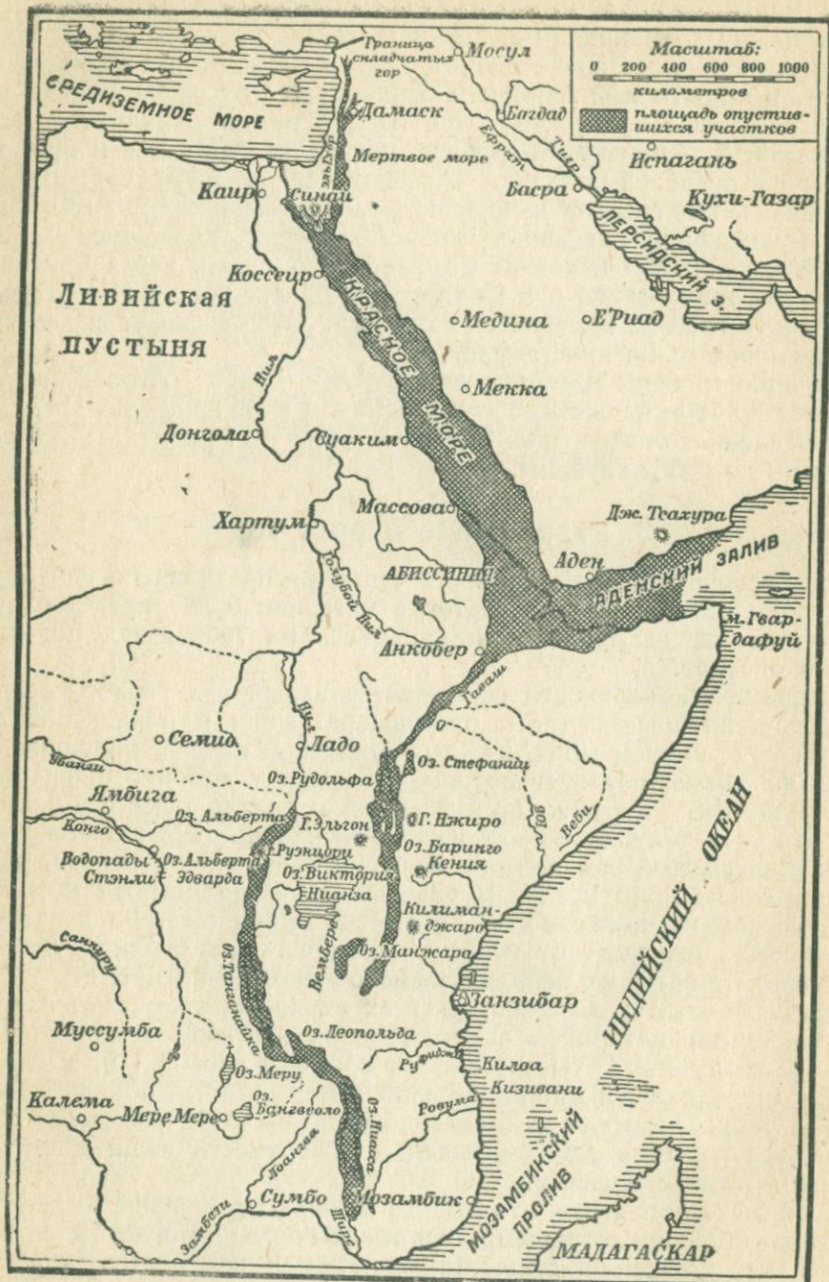


Рис. 141. Великий африканский грабен. Черной краской показаны опустившиеся участки. По Неймайеру.

ческие исследования показывают, что все наиболее высокие горы на земле сравнительно молодого происхождения и что в минувшие геологические периоды на земной поверхности существовали горы, от которых в настоящее время в рельефе земли не осталось и следа.

Располагающаяся на юге Европы громадная горная цепь — Альпы — сформировалась только в третичный период. До образования Альп к северу от них в Европе в предшествующие третичному времени геологические периоды существовали и исчезли целые три цепи гор: Каледонские, Варисцийские и Армориканские. Каждая из этих горных цепей была не ниже современных Альп.

Можно установить почти как правило, что более древние горы ниже, чем более молодые. Самый низкий из складчатых горных хребтов Европейской части СССР — Тиманский кряж — является в то же время и самым древним из всех хребтов; он начал образовываться еще в досилурийское время и кончил свой рост в верхнепермскую эпоху. Затем по высоте идет Уральский хребет, образование которого начинается со средне-каменноугольной эпохи, максимума напряжения горообразовательный процесс достигает в нем в пермский период и заканчивается рост Уральских гор в нижнемеловое время. Самые высокие в СССР Кавказские горы являются и самыми молодыми: они начинают подниматься со дна моря в средне-юрское время, сильнее всего растут в неогеновое время и, вероятно, продолжают свой рост, хотя и в очень слабой мере, по настоящий момент. Крымские горы одновременны с Кавказом; их незначительная вышина объясняется тем, что большая часть этих гор опустилась благодаря сбросу, происшедшему в области современного Черного моря.

4. Причины горообразовательных процессов и движений земной коры

Контракционная теория. Из строения тектонических гор можно заключить, что они обязаны своим происхождением силам, действовавшим в двух направлениях. Горы складчатые возникли благодаря силе, действовавшей в горизонтальном направлении. Массивные горы образовались под влиянием перемещения пластов земли в вертикальном направлении благодаря силе, действовавшей к центру земли по направлению земного радиуса. Давление первого рода называют *боковым* или *тангенциальным*, а силу, действующую по радиусу земли — *радиальным* давлением.

Причиной возникновения этих обоих видов давления является постепенное уменьшение объема земного шара от охлаждения.

Выходы горячих ключей, высокая температура извергаемой вулканами лавы, доходящая до 1200°, наконец, непосредственные измерения температуры в глубоких шахтах и буровых скважинах, из которых максимальная достигает 2599 м в глубину, убеждают нас в том, что температура внутренних частей земного шара во много раз выше поверхностной температуры. По гипотезе Канта и Лапласа, когда-то, вся земля была раскаленным шаром, и на поверхности ее клокотали расплавленно-жидкие лавы. В силу потери

теплоты в мировое пространство, температура которого близка к абсолютному нулю, земля постепенно остывала и покрывалась с поверхности твердой корой.

Но остывание нехватило всей земли, так как внутри ее и до сих пор, судя по вышеуказанным признакам, температура еще очень высока.

При охлаждении всякое тело сжимается в объеме, в силу чего земной шар должен был при охлаждении подвергнуться уменьшению и сокращению. Так как твердая каменная кора менее поддается сокращению в объеме, чем скрытые под ней расплавленно-жидкие и газообразные массы, то при продолжающемся охлаждении земного шара на поверхности его неминуемо должны появляться морщины и складки. В силу большого уменьшения объема внутренних частей земного шара по сравнению с поверхностной корой, последняя должна стремиться опуститься книзу — отсюда развилось радиальное давление. Но вся твердая земная кора опуститься не может, так как при этом некуда было бы деться излишку в поверхностной земной коре, образуемому при сокращении объ-

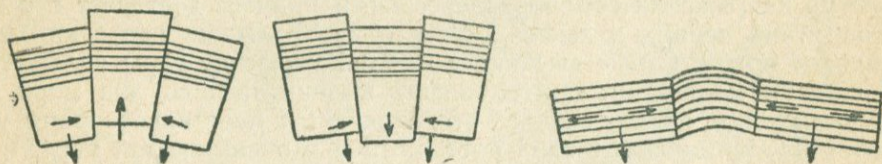


Рис. 142, 143, 144. Пояснение на моделях возникновения бокового и тангенциального давлений в земной коре.

ема всего земного шара. Поэтому отдельные части земной коры, стремясь опуститься к центру, оказывают боковое давление друг на друга, подобно тому как это происходит среди кирпичей свода.

Таким образом первоначальное движение земной коры вниз к центру, вызывающее радиальное давление, переходит в боковое давление.

Представим себе земную кору, разбитую на клинья, обращенные вершинами к центру земли. Каждый из клиньев будет стремиться опуститься к центру, т. е. испытывает радиальное давление; в силу сопротивления, оказываемого клиньями взаимно друг на друга, радиальное давление переходит в боковое. При преобладании радиального давления над боковым могут опуститься или два боковых клина, а третий, расположенный между ними, останется на месте, или будет вытеснен несколько кверху (рис. 142) — таким образом происходят горсты, или же опускается средний клин (рис. 143), что соответствует образованию грабена. При преобладании же бокового давления над радиальным зажатый клин сомнется и даст прогиб кверху (рис. 144) — таким путем в земной коре образуются складчатые горы.

Складчатые горы по контракционной теории суть не что иное, как излишек земной коры против современного объема земного шара. Если высчитать объем всех складок в земной коре и разложить их ровным слоем по поверхности земного шара, то можно

высчитать сокращение земного радиуса против его прежней величины; сделанные в этом направлении приближенные расчеты показывают, что для образования всех современных континентов и островов с их возвышенностями и горами достаточно было сокращения земного радиуса на 261 км.

При образовании Юрских гор произошло сокращение поверхности Земли по окружности на 5200 м, при образовании Альп — на 120 000 м.

Сжатие земли от охлаждения является основной причиной, создающей напряжение в земной коре, но кроме него существует еще целый ряд факторов, также принимающих участие в создании неустойчивости земной коры и происходящих в ней деформаций земных пластов. К числу таковых принадлежат центробежное движение, приливные влияния других небесных тел на нашу планету, движения внутренних пластических и жидких масс земного шара, изменения нагрузки земной коры, происходящие от процессов сноса и отложения, энергия химических процессов распада радиоактивных веществ и т. д.

Все эти причины, действующие одновременно с контракцией, вызывают движения земной коры как эпейрогенического, так и орогенического характера, которые необъяснимы путем только одной контракционной теории.

Теория изостазии. По этой теории твердая земная кора, расположенная поверх расплавленно-жидкой магмы, под влиянием силы тяжести и центробежной силы находится в состоянии *гидростатического равновесия*. Особенно эта теория получила себе подтверждение в измерениях силы тяжести на материках и океанах. Исходя из того, что средняя плотность горных пород — 2,8, а воды — 1, можно было бы думать, что сила тяжести на океанах будет меньше, чем на материках, а в действительности оказалось обратное. Это объясняют тем, что материковые выступы состоят из более легких пород, а под океаническими впадинами для уравнивания их с материками располагаются более тяжелые горные породы; таким образом достигается *состояние равновесия* между поднятиями и впадинами земной коры, которое и получило название *изостазии*.

Но это состояние равновесия литосферы постоянно нарушается процессами сноса и отложения осадков. В местах сноса земных пластов нагрузка земной коры уменьшается, а в местах отложения возрастает. Для восстановления равновесия участки земной коры в областях сноса поднимаются, а в областях отложения осадков опускаются. Таким образом можно объяснить вертикальные движения больших участков земной коры. При этих движениях происходит перемещение подкорковых огненножидких масс из-под опускающихся глыб коры в направлении к поднимающимся. Точно так же теория изостазии хорошо объясняет прогибы земной коры в местах большого скопления льдов и поднятие прогнувшихся масс после исчезновения льдов, как это принимается многими геологами для Фенноскандии и Северной Америки (в местности около Гудзона).

Теория геосинклиналей. Для объяснения процессов горообразования много дала еще теория геосинклиналей.

Все наиболее высокие горы на земле, как Анды, Кордильеры, Альпы, Кавказ, Гималаи и другие, построены из пород, отложившихся на дне моря. Уже давно было подмечено, что мощность осадочных пород, слагающих горные хребты, во много раз больше осадочной толщи на равнинах. В последних мощность осадочных образований редко когда достигает 1000 м, тогда как в горах она превышает 10 000 м. Например в Аппалачских горах Северной Америки толща осадочных пород от 10 000 до 12 000 м, в Скалистых горах — 18 000 м, в Гималаях — около 12 000 м. В море нет таких глубин, где бы могли скопиться столь мощные толщи осадочных пород, тем более, что среди слоев, слагающих вышеназванные горы, совсем нет глубоководных осадков; здесь находятся главным образом осадки средних глубин — от 200 до 1000 м. Поэтому необходимо допустить, что области морского дна, до того времени как они стали высокими горами, подвергались по мере отложения

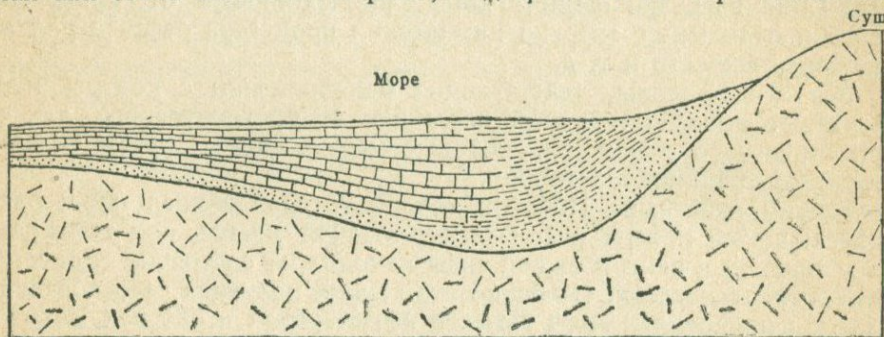


Рис. 145. Геосинклиналь.

в них осадков постепенному опусканию, что и дало возможность накопиться в них столь значительным толщам осадочных горных пород.

Такие области векового погружения получили название *геосинклиналей* (рис. 145). Последние возникали там, где земная кора легче подвергалась прогибанию и где больше всего отлагалось осадков, а это чаще всего происходило на морском дне по соседству с материком, где отлагаются терригенные осадки и одновременно происходит наиболее интенсивное отложение морских органических пород.

Форма геосинклинали в большинстве случаев удлиненная, желобообразная. Размеры очень различны: ширина — от нескольких десятков до тысячи километров, длина может во много раз превышать ширину. К таким геосинклиналям в настоящее время относятся Средиземное, Карибское, Японское, Желтое и Китайское моря.

Прогибание геосинклинали приводит к усилению напряжения земной коры и возрастанию бокового давления по сторонам геосинклинали. Прогнувшиеся слои, достигнув области с высокой температурой, должны сделаться пластичными и увеличиться в объеме от нагревания, что в связи с боковым давлением вызывает сжатие пластов в складки и перекрытия.

В силу того что дальнейшему движению геосинклинали вниз препятствует давление подкоровых масс, образующиеся из геосинклинали пачки складок всплывают кверху и постепенно превращаются в высокие складчатые горы.

Радиоактивная теория Джоли. Кроме приведенных выше теорий, существует еще много других теорий горообразования, из которых укажем здесь еще на радиоактивную теорию Джоли. По этой теории горообразовательные процессы происходят от распада радиоактивных веществ. Находящиеся в земной коре радиоактивные вещества подвергаются распаду, причем выделяется теплота. Джоли подсчитал, что количество тепла, выделяемого при радиоактивном распаде веществ, в горных породах уравнивает количество теплоты, теряемое Землей в мировое пространство. В силу этого сжатия земной коры не происходит, и оно не может служить причиной горообразования. Радиоактивных веществ больше всего в верхней «гранитной зоне» земной коры. Выделяющаяся при распаде их теплота частью идет кверху и теряется в мировом пространстве, а частью опускается вглубь до «базальтовой постели» земной коры, в которой постепенно накапливается. Увеличение температуры базальтовой постели приводит в конце концов к ее расплавлению. Расплавление постели увеличивает ее объем, что сказывается на напряжении верхней части земной коры, вызывая в ней разрывы, сбросы, складки и создавая, таким образом, горообразовательные процессы. После израсходования тепловой энергии на горообразовательные процессы, базальтовая постель охлаждается, приходит в твердое состояние и находится в покое до нового накопления тепловой энергии от распада радиоактивных веществ, на что требуется, по расчетам Джоли — 30—50 миллионов лет. Таким образом горообразование совершается периодически, чередуясь с периодами относительного спокойствия земной коры.

Трудность точного учета радиоактивных веществ в земной коре и некоторые геологические наблюдения, неукладывающиеся в рамки радиоактивной теории, послужили причиной того, что теория Джоли не пользуется признанием.

5. Фазы горообразовательных процессов

Напряжение земной коры, создаваемое контракцией, центробежным движением, реакцией внутренних расплавленных магм, кристаллизационными процессами, возмущающими влияниями космических тел и т. п. причинами, нарастает медленно и постепенно, пока не достигнет предела, превзойдя который, проявляется пароксизмами горообразовательных процессов. В земной истории одни из геологических периодов протекали спокойно, и земная кора в течение их долгое время почти нигде не подвергалась горообразовательным процессам, тогда как другие периоды отличались усиленным горообразованием. Периоды спокойствия — это были периоды накопления напряжения в земной коре, а периоды интенсивного го-

рообразования — временами разряджения земного напряжения и фазами интенсивных горообразовательных процессов.

Всего в земной истории было не менее четырех главных фаз. Древнейшая из них — доархеозойская (или иначе доальгонкская). Этой складчатостью смяты самые древние породы — гнейсы и кристаллические сланцы, слагающие центральные массивы или «щиты», составляющие остовы материков: как-то Фенно-скандинавский, Южно-Русский, Африканский, Бразильский, Канадский, Северо-восточно-сибирский с Китайским, Австралийский и Антарктический. Во все последующее время земной истории эти щиты оставались

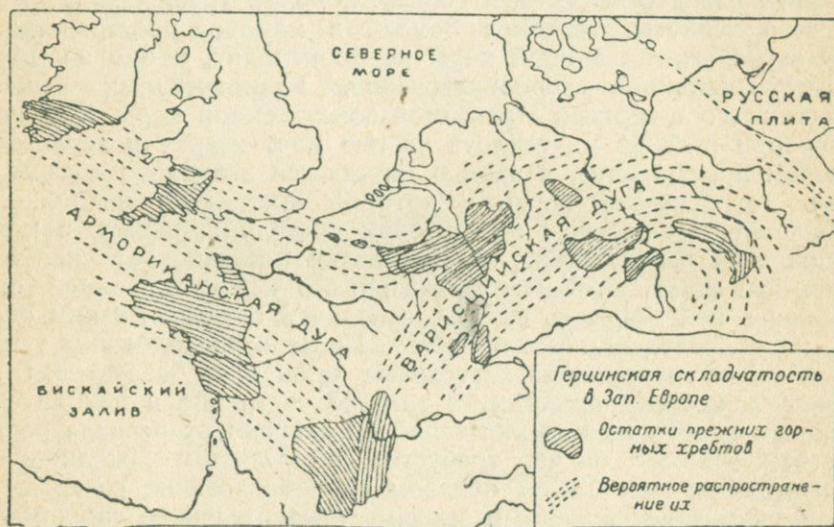


Рис. 146. Герцинская складчатость в Европе, Масштаб 1:360 000 000. По Кайзеру.

неподвижными и не только не затрагивались позднейшими горообразовательными процессами, но служили преградой для них, задерживая и отклоняя направление горных складок.

Следующая фаза горообразования называется каледонской, по имени Каледонских гор в Шотландии, где она лучше всего выражена. Время действия этой фазы лежит между силурийским и девонским периодами, захватывая главным образом конец первого периода.

Каледонская складчатость захватила северо-запад Европы, Аппалачские горы в С. Америке, значительные части Азии.

Горообразовательные процессы третьей или герцинской фазы проявились в конце палеозойской эры по всем северным материкам. Они создали в сердце Европы два огромных хребта, получившие название Армориканских и Варисцийских гор (рис. 146), затем Донецкий кряж, Урал, многие хребты в Азии, в Америке — Аллеганы.

Последняя фаза интенсивного горообразования началась в меловое и закончилась в верхне-третичное время. По имени создавшихся

в это время Альпийских гор она получила название *альпийской фазы*. Во время этой фазы были созданы Пиренеи, Аппенины, Карпаты, Крымские горы, Кавказ, Гималаи, Атласские горы в Африке, Кордильеры и Анды в Америке.

После окончания главной фазы горообразование на некоторое время прекращается, а если и повторяется, то в значительно меньшей степени. Такая возобновившаяся складчатость, совершающаяся в направлении предшествующей складчатости, называется *поступной складчатостью*.

IX. МЕТАМОРФИЗМ

С горообразовательными процессами тесно связан *метаморфизм* или изменение горных пород под влиянием давления и повышенной температуры.

Развивающееся при горообразовании сильное сжатие от бокового давления, нагрузка от вышележащих слоев, повышение температуры при погружении в более глубокие слои земли, усиление при этом действия циркулирующей в земной коре воды и водных растворов — все это приводит к преобразованию осадочных и изверженных горных пород и возникновению из них новых пород, называемых *метаморфическими* породами. Измерение температуры в глубоких шахтах и буровых скважинах показало, что температура вглубь земли повышается в среднем на 1°C через каждые 33—35 м, что обозначается как *геотермический градиент*.

Исходя из такой величины геотермического градуса, мы должны иметь следующие изменения температуры с углублением в Землю:

На глубине	35 м	ниже пояса с постоянной темпер.	11°
"	"	350 "	"
"	"	3500 "	"
"	"	35 км	"
			20°
			110°
			1010°

Если принять средний удельный вес горных пород равным — 2,8, то давление на 1 кв. см увеличивается с глубиной следующим образом:

На глубине	100 м	—	28 кг	—	около	20 атм.
"	"	1 км	—	280 "	"	280 "
"	"	10 "	—	2800 "	"	2800 "
"	"	20 "	—	5600 "	"	5600 "
"	"	30 "	—	8400 "	"	8400 "

Давление, производимое тяжестью вышележащих слоев, на большой глубине переходит в гидростатическое давление. Но кроме того в земной коре действует развивающееся под влиянием центробежной силы еще боковое давление, проявляющееся в горообразовательных процессах. Боковое давление проявляется сильнее всего в поверхностных слоях земли, а с глубиной оно уменьшается. Гидростатическое давление, наоборот, с глубиной увеличивается.

Повышение температуры способствует ускорению движения молекул в минералах и при температурах, соответствующих плавлению тел, силы притяжения между частицами в них уже не в состоянии противостоять скоростям движения молекул, в силу чего минералы переходят из твердого состояния в жидкое, т. е. пла-

вятся. Температура плавления таких горных пород, как гранит, — около 1500° . Но, как показали опыты Левинсона-Лессинга, при повышении температуры может происходить перекристаллизация породы без перехода ее в расплавленное состояние. Согласно опытам Таммана повышение давления сначала повышает температуру плавления силикатовых пород, но, после того как точка плавления достигнет некоторого максимума, она затем начинает вновь понижаться. Есть основание полагать, что гранит на глубине переходит в расплавленное состояние при температурах значительно более низких, чем вышеуказанная температура его плавления, выведенная из опыта плавления гранита при обычном земном давлении в одну атмосферу. Минералы, встречающиеся в контакте с гранитом, имеют температуру кристаллизации от 1000 до 550° .

Давление способствует растворимости вещества. Благодаря этому присутствующие в породе в незначительном количестве капиллярные и другие воды приобретают значение при процессах перекристаллизации вещества. Согласно правилу Рикке, температура плавления вещества понижается, а растворимость увеличивается в направлении давления. Поэтому в направлении давления вещество будет растворяться, а в направлении перпендикулярном давлению — отлагаться. Благодаря этим очень медленным и ничтожным перемещениям вещества минералы перекристаллизуются, вытягиваются и сплющиваются, а горная порода превращается в сланец, причем плоскость сланцеватости располагается перпендикулярно давлению.

Действие давления и температуры усиливается с глубиной, поэтому процесс метаморфизма горных пород происходит различно в зависимости от глубины их положения в земной коре.

Согласно Грубенману, земную кору по процессам изменения горных пород можно разбить на пять поясов или зон.

Верхний из этих поясов есть наземный пояс выветривания горных пород под влиянием атмосферных агентов. Ниже следует пояс цементации, где происходит процесс диагенезиса или окаменения рыхлых осадочных пород.

Горообразовательные процессы в этих поясах совершаются в изломе горных пород. В трех нижних глубинных поясах совершаются процессы метаморфизма горных пород и превращения их в сланцы.

В верхнем глубинном поясе температура поднимается мало, и давление невелико. В этом поясе еще присутствуют просачивающиеся с поверхности земли воды, преобладает боковое давление, горообразовательные процессы совершаются с раздроблением горных пород. Возникающие здесь сланцы не содержат полевого шпата, обладают плотной роговиковой или чешуйчатой структурой; это будут глинистые, роговиковые, известковые, филлитовые, тальковые сланцы. Глубина этого пояса определяется приблизительно в 6—8 километров.

В среднем глубинном поясе температура уже довольно высока — свыше 100° , а давление достигает около 1000 атм.; раздробление горных пород отступает здесь на второй план и преобладает пластическая деформация; боковое давление вызывает кристаллиза-

ционную сланцеватость. Образующиеся сланцы содержат полевые шпаты. Чаще всего в этой зоне возникают сланцы с *кристаллобластической структурой*:¹ гранатовые, роговообманковые, слюдяные сланцы, гнейсы, гранулиты.

Нижний глубинный пояс имеет очень высокую температуру и очень большое давление. Боковое давление здесь почти отсутствует, а преобладает гидростатическое давление. За исключением биотита и мусковита здесь не образуется минералов, в состав которых входил бы гидроксил. Преобладают различные гнейсы и гнейсо-граниты. Породы здесь очень пластичны, поэтому этот пояс называют также поясом течения пород. В виду того, что сланцы этого пояса подвергаются в сильной мере интрузии магмы, в этом поясе очень развиты явления инъекции магмы в кристаллические сланцы.

Примеры метаморфизма осадочных пород

Пояс выветривания	Пояс цементации	Верхний глубинный пояс	Средний глубинный пояс	Нижний глубинный пояс
Кварцев. галька с глинистым цементом	Кварцевый конгломерат	Филлитовый конгломерат или серицитовый сланцеватый конгломерат	Конгломератово-сланцеватый сланец	Конгломератовый гнейс и слюдяной сланцеватый гнейс
Кварцевый песок с глиной	Песчаник	Серицитовый кварцит	Слюдяной кварцит	Кварцитовидный гнейс
Чистый кварцевый песок	Кварцевый песчаник	Кварцит	Сланцевый кварцит	Кварцит перекристаллизованный
Глина	Глинистый сланец	Филлит	Слюдяной сланец	Гнейс
Мергель	Известковый сланец	Известковый филлит	Известково-сланцеватый сланец	Гнейс с содержащими кальций силикатами
Чистый известняк	Полукристаллический известняк	Тонкозернистый мрамор	Грубозернистый мрамор	Крупнозернистый мрамор

Х. ВУЛКАНИЗМ

1. Форма и строение вулканов

Вулкан обычно представляет собою конусообразную возвышенность, сложенную из продуктов вулканических извержений и соединяющуюся с более глубокими частями земли посредством жерла или канала. Жерло закрыто застывшей лавой или рыхлыми про-

¹ Кристаллобластической структурой называется структура из кристаллических минеральных зерен, располагающихся в линейно-параллельном порядке.

дуктами вулканических извержений и открывается только во время извержения, когда через жерло вырываются газы, изливается огненно-жидкая лава, выбрасываются массы пепла, из которых и насыпается вокруг жерла коническое возвышение, называемое *вулканом* (рис. 147). Устье жерла, имеющее в большинстве случаев воронкообразную форму, получило название *кратера*.

Вулканы типа мааров. В первоначальной стадии извержения вулканического конуса еще не бывает, и вулкан состоит только из одного жерла, устье которого, или кратер, не поднимается выше поверхности окружающей местности. В тех случаях, когда извержение останавливается на этой стадии, т. е. на стадии образования жерла без дальнейшего насыпания конусообразной возвышенности, на земной поверхности от таких извержений остаются только

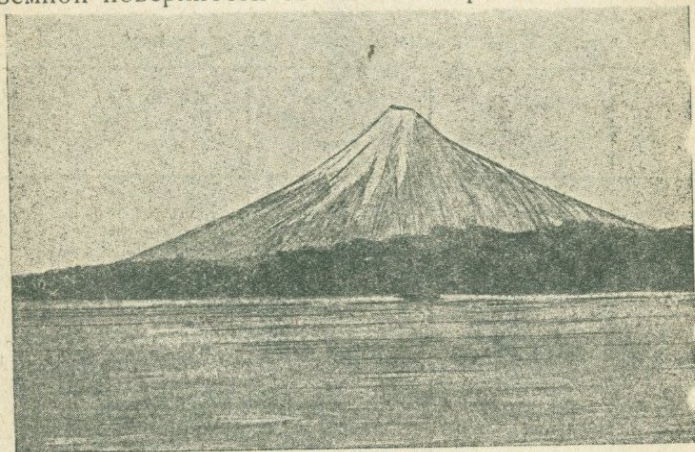


Рис. 147. Вулкан Ключевская сопка на Камчатке.

воронкообразные углубления, дно которых лежит значительно ниже уровня земной поверхности. Иногда такие углубления заполняются водой, и тогда в них образуются озера.

Наиболее хорошо такой тип недоразвившихся вулканов представлен в Эйфеле (Германия), где им дают название *мааров* (рис. 148). В большинстве случаев это почти правильно-округленной формы воронкообразные углубления среди коренных горных пород из глинистых сланцев и песчаников, диаметр которых измеряется в несколько десятков или сотен километров. По бокам таких воронок изредка наблюдается насыпной вал из туфа или вулканического пепла. Дно воронки, лежащее ниже уровня земной поверхности, сложено из смеси обломков пород, окружающих маар, и вулканических продуктов, по преимуществу из вулканического пепла.

Кроме Европы такая форма вулканов известна еще в Мексике и в южной Африке около г. Кимберлея. Особенно интересны такие «эксплозионные кратеры» в последней, где им дают название *кимберлитовых трубок*. Благодаря тому обстоятельству, что порода, заполняющая эти трубки, включает в себе алмазы (рис. 149), такие трубки раскопаны на большую глубину, и строение их хорошо изучено. Проходят трубки через древние осадочные и из-

верженные породы, причем стенки их вертикальны и во многих местах имеют гладкую отполированную поверхность. Окружность трубок приближается к правильному кругу с диаметром нередко более чем 100 м. Глубина трубок очень велика и до сих пор еще не определена. Расположены они все более или менее на одной линии протяжением около 200 км.

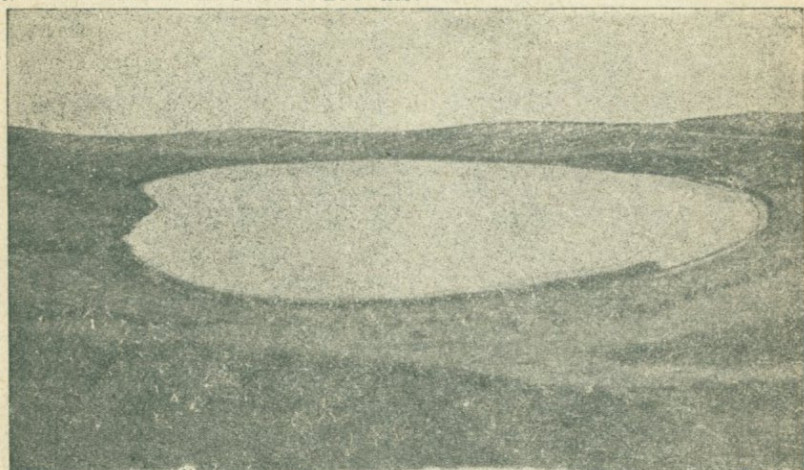


Рис. 148. Маар в Эйфеле.

Вулканы типа Везувия. Гораздо чаще, чем недоразвившиеся вулканы типа маар, на земной поверхности встречаются огнедышащие горы в виде более или менее заостренных или усеченных конусов. Таковы например в Европе — Этна и Везувий, в Азии — камчатские сопки, яванские, японские и другие вулканы. Типом всех таких вулканов может служить Везувий (рис. 150). При начале всех сколько-нибудь сильных извержений таких вулканов на вершине их в кратере открывается отверстие — бокка, которая сообщается с жерлом вулкана. Выбрасываемые из жерла рыхлые продукты извержения настилаются кругом кратера послойно, друг над другом, образуя так называемые *периклинальные* слои (рис. 151), которые имеют слабое падение в сторону склонов вулкана и более крутое по направлению к кратеру. По мере образования все более новых и новых слоев совершается рост вулкана, а вместе с тем поднимается и кратер его. После наступления относительного затишья в деятельности вулкана края воронки обваливаются и, смешиваясь с упавшими обратно в жерло вулканическими продуктами — пеплом и песком, образуют сравнительно плоское дно кратера. В середине



Рис. 149. Алмаз Куллинан весом около 605 г, извлеченный из кимберлитовой трубки копи Премьер-Майн (1/2 натур. величины).

последнего возникает обычно конус, который обозначает конец вулканического жерла и центральный пункт извержения; этому конусу дают название *конуса извержения* (рис. 152). Иногда образуется не один, а несколько конусов извержения.

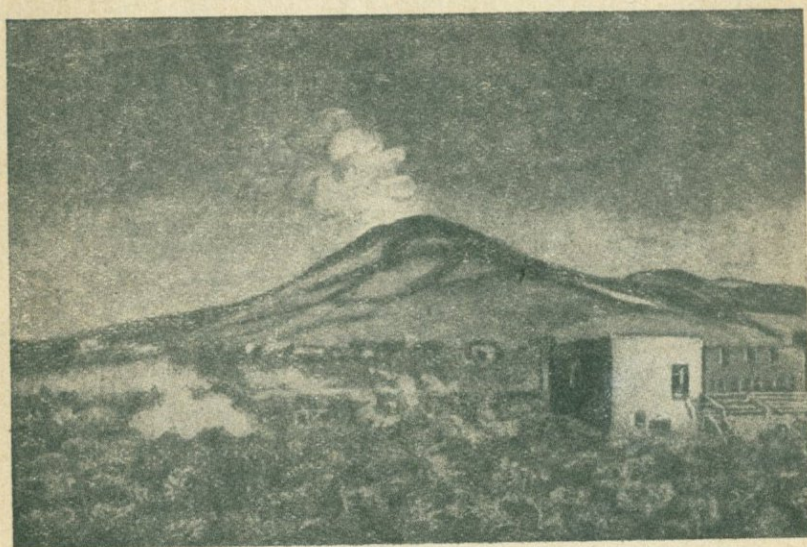


Рис. 150. Извержение Везувия в 1906 г.

Среди вулканов типа Везувия различают вулканы *простые* и вулканы *сложные*. Простыми вулканами называются те, которые состоят только из одного конусообразного возвышения, как например Этна, Монте-Нуово, Эйфельские вулканы и другие. Сложными вулканами обозначают возвышенности, в которых центральный конус опоясан кольцевой горой большей или меньшей высоты. Кольцевой вал отделяется от центральной горы углублением кольцеобразной формы. К сложным вулканам принадлежит Везувий, который состоит из центральной горы, обнесенной с одной стороны валом, известным под именем *Соммы*. Между Соммой и Везувием лежит углубление — ров *Атрио-дель-Кавалло*. Извержения всегда происходят из центрального конуса, тогда как в кольцевой горе извержений не бывает. Построены кольцевые горы так же, как и центральные конусы, но только падение пластов в них более пологое, чем у центральной возвышенности.

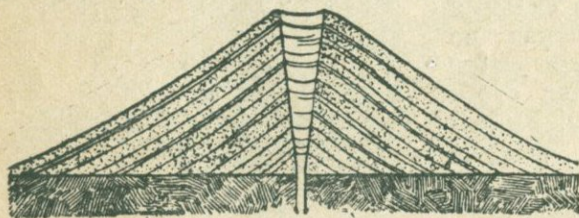


Рис. 151. Схема строения смешанного вулкана из чередующихся слоев лавы и туфа.

К сложным вулканам принадлежит Везувий, который состоит из центральной горы, обнесенной с одной стороны валом, известным под именем *Соммы*. Между Соммой и Везувием лежит углубление — ров *Атрио-дель-Кавалло*. Извержения всегда происходят из центрального конуса, тогда как в кольцевой горе извержений не бывает. Построены кольцевые горы так же, как и центральные конусы, но только падение пластов в них более пологое, чем у центральной возвышенности.

На кольцевые горы смотрят как на остатки прежних больших вулканов, главные массы которых исчезли или в силу взрыва, или же в силу провала под землю при позднейших извержениях. Их

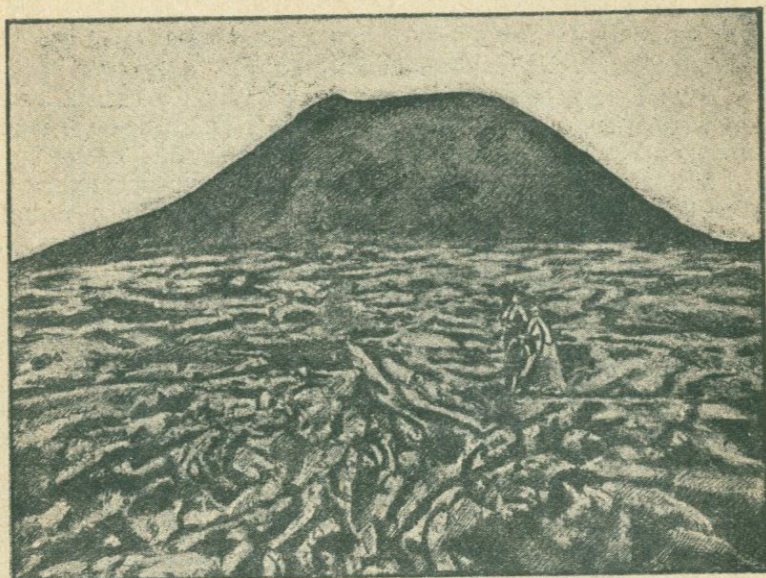


Рис. 152. Центральный конус Везувия и лавовый поток с волнистой поверхностью. Извержение 1892 г.

называют кальдерами. По своему составу огнедышащие горы типа Везувия состоят из чередующихся слоев шлаков, пепла и лаво-

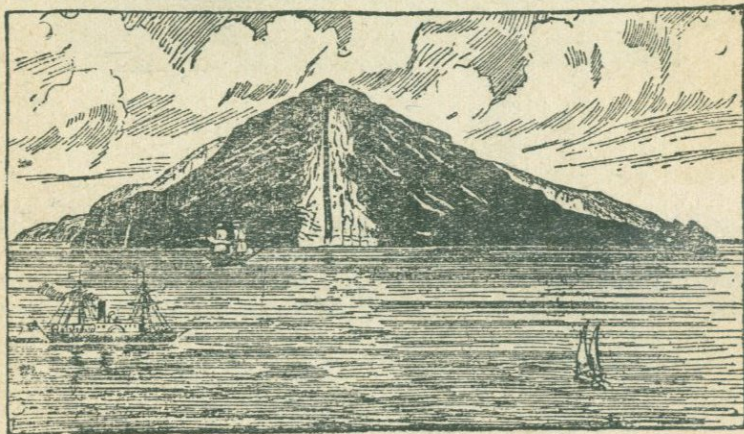


Рис. 153. Разрез смешанного вулкана Кракатау. Уцелевшая часть вулкана после извержения 1883 г.

вых потоков; реже они построены только из одних лавовых или одних туфовых слоев. Первые будут смешанными (рис. 153) по строению, вторые однородными. От характера материала, слагаю-

Щего вулкан, зависит и угол падения склонов конуса. У смешанных и туфовых вулканов он всего $10-20^\circ$, у однородных конусов $25-30^\circ$.

Вулканы Гавайских островов. Третьим типом вулканов, встречающихся на земле, могут служить вулканы Гавайских островов. В противоположность вулканам типа Везувия вулканы гавайского типа никогда не бывают конической формы, а имеют вид очень пологих куполов, уклон склонов которых даже у самых высочайших гор этого типа не превышает $3-10^\circ$. Построены такие вулканы исключительно только из одной лавы без следа рыхлых продуктов извержения. Лава таких вулканов чрезвычайно жидка и легкодвижна. Потоки подобных лав иногда текут с такой скоростью, что от них нельзя спастись даже на быстрой лошади.

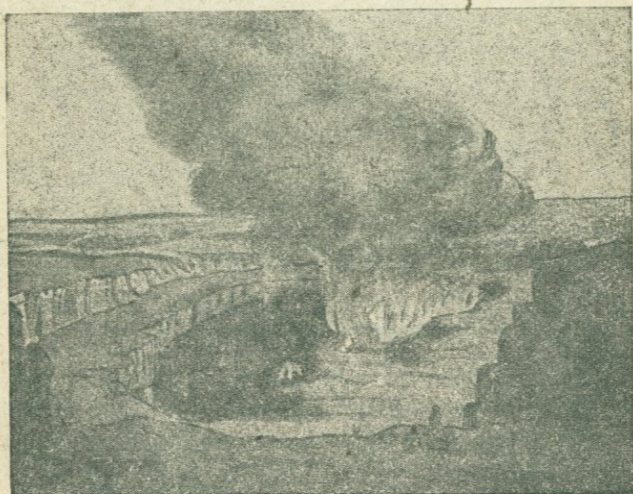


Рис. 154. Кратер вулкана Килауэа.

На вершине таких вулканов располагается ровное обширное плато, значительную часть которого занимает кратер (рис. 154). Последний у вулканов гавайского типа, в противоположность кратерам вулканов типа Везувия, никогда не бывает воронкообразной формы, а всегда является в виде обширного плоского углубления на вершине вулкана. Так, кратер Килауэа представляет собою впадину, в которой расположено обширное озеро огненно-жидкой лавы в 600 м в поперечнике. Стенки углубления вертикальны и нередко состоят из нескольких уступов. Образцом вулканов гавайского типа может служить вулкан Мауна-Лоа, поднимающийся из океана с глубины 4000 м и еще на столько же возвышающийся над уровнем моря.

В настоящее время большинство действующих вулканов принадлежит к типу Везувия, тогда как вулканы гавайского типа срав-

нительно редки. Действующие вулканы этого типа в настоящее время встречаются еще в Исландии. Но в прошлые периоды земли преобладающее распространение имели вулканы гавайского типа.

Паразитические конусы. Приведенные три типа вулканов представляют основные формы наземных извержений. Но каждая из этих форм может изменяться и усложняться под влиянием как наземных, так и подземных сил.

Чаще всего варьируют в своих очертаниях вулканы типа Везувия. Выше уже говорилось, что кроме центрального конуса такие вулканы часто имеют кругом себя вал, который сохраняется то целиком, то, что бывает чаще, только отчасти. Кроме того, вид вул-



Рис. 155. Паразитические конусы Этны в 1892 г.

кана изменяется от образования на нем *паразитических конусов*. Последние образуются на склонах вулкана в силу извержений по трещинам, возникающим на стенках вулкана.

Поднимающиеся снизу лавы и газы оказывают громадное давление на стенки вулкана; последние, под влиянием испытываемого ими напора, покрываются трещинами, через которые газы, пепел и лава устремляются наружу.

Таким образом возникает новый центр извержения, часто далеко от главного конуса вулкана; вокруг этого нового центра насыпается из вулканических продуктов конусообразное возвышение, которое и называют паразитическим конусом.

Число таких паразитических конусов у некоторых вулканов бывает очень велико: так, у Этны их было около 300, из них некоторые достигают высоты 100 м (рис. 155), а у яванского вулкана Гелунгунга их более 1000. Очень много паразитических конусов несет на своих склонах гигантский вулкан Камчатки — Ключевская сопка.

2. Формы подземных извержений

Не всегда расплавленная магма достигает земной поверхности и изливается в виде лавы. Часть извержений совершается под землей, причем подымающаяся из земных недр магма вторгается или в пустоты, находящиеся в земной коре, или внедряется между земными пластами, приподнимая и раздвигая их. Все такие подземные извержения называют *интрузией*. Интрузивные породы и формы их залеганий делают доступными нашему изучению только после того, как процессы сноса вскрыют пласты, прикрывающие их сверху. Среди форм интрузий различают *батолиты* и *лакколиты*.

Батолитами называются обширные, громадных размеров изверженные массы неправильной формы, занимающие пространство в несколько сотен квадратных километров, лежащие несогласно с прикрывающими их земными пластами и уходящие своими основаниями на недостижимую глубину (рис. 156). До сих пор нигде не удавалось наблюдать основания или подошвы батолитов, несмотря на то, что многие из них подвергались с поверхности значительному разрушению. Так например гранитные батолиты в Скандинавии или Финляндии подвергались разруше-

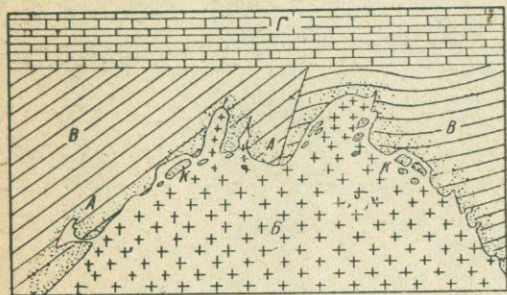


Рис. 156. Батолит.

А — контактовая зона; Б — гранитный батолит; В — древняя толща дислоцированных пород; Г — толща новейших пород, залегающих в ненарушенном положении; К — ксенолиты.

нию в течение всей земной истории, но и до сих пор мы не видим их корней. По направлению вниз батолиты расширяются, и очень вероятно, что на большой глубине они соединяются с огненно-жидкой магмой.

Земные пласты, прикрывающие батолиты сверху, не показывают следов нарушения в своем положении от внедрения ниже лежащих гранитных масс, и можно было бы думать, что при возникновении таких батолитов внедрение гранитных масс в земные пласты совершенно спокойно, в уже заранее образовавшиеся пустоты внутри земной коры, как это предполагал Зюсс.

Но в настоящее время большинство геологов склонно объяснять это явление иначе, именно путем проплавления и обрушивания земных слоев, слагающих крышу батолита. Батолиты как бы пожирают часть пластов, в которые они внедряются. Механическое обрушивание и проплавление от высокой температуры гранитных магм уничтожают кровлю батолита, которая могла бы нести на себе следы механических нарушений от внедрения гранитных масс. За это говорят и короткие сравнительно с размерами батолитов апофизы (жилы), отходящие от батолита в налегающие на него породы. Значительные части этих апофиз вероятно тоже были переплавлены вместе с окружающими их слоями. Глубинные интруз-

зии меньших, чем батолиты, но все еще значительных размеров неправильной формы, прорывающие несогласно слои осадочных пород, называются *штоками*.

Лакколиты. Названием лакколитов обозначают такое внедрение или интрузию расплавленно-жидкой магмы в земной коре, при котором земные пласты обнаруживают нарушение своего залегания от вторгнувшихся в них изверженных масс. В отличие от батолитов у лакколитов имеется подошва из осадочных горных пород. У одних лакколитов подошва обнажена, и ее можно непосредственно видеть, у других она скрыта, но о ней можно догадываться по расположению

соседних горных пород. С магмой питающей извержение, лакколиты связаны узкими ходами, также заполненными изверженной породой. По форме лакколиты напоминают круглые караваеобразные тела, но встречаются также и вытянутые лакколиты; последние часто наблюдаются в Уральских и Кавказских горах, где они располагаются вдоль горных складок. Лакколиты встречаются в земной коре по одиночке или же группами, располагаясь один над другим этажами (рис. 157). Нередко от лакколита в окружающие его пласты отходят жилы, или апофизы, пересекающие осадочные пласты накрест или по диагонали.

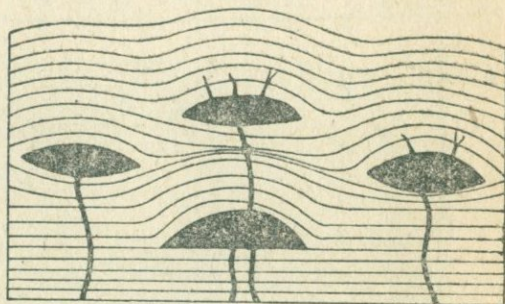


Рис. 157. Лакколиты.

Размеры лакколитов колеблются от нескольких квадратных километров до сотен квадратных километров.

В качестве примеров лакколитов могут служить лакколиты у Пятигорска на Северном Кавказе: Беш-тау, Железная, Кинжал и другие.

3. Вулканические извержения

Вулканы действующие и потухшие. Все вулканы, существующие на земной поверхности, делятся на вулканы действующие и вулканы потухшие. Действующими вулканами называются те, которые временами производят извержения. К потухшим же вулканам причисляют такие, которые ни разу на памяти людей не проявляли своей деятельности. Такое деление вулканов на действующие и потухшие является однако не совсем точным, так как деятельность многих вулканов проявляется только через большие промежутки времени; вулканы, которые в настоящее время считаются потухшими, на самом деле могут оказаться действующими и только временно находящимися в стадии покоя. Везувий до первого века нашей эры не считался даже вовсе вулканом. Склоны его были пологи и покрыты лесом, а на вершине находилось углубление, в котором пастухи мирно пасли свои стада. В 79 г. нашей эры произошло страшное извержение этого вулкана, во

время которого часть горы, обращенная к морю, взлетела на воздух, и под выброшенным из вулкана пеплом были погребены цветущие города Геркуланум и Помпея.

Точно так же гора Арарат на Кавказе до 1840 г. почти ничем не проявляла своей вулканической деятельности (рис. 158). Изредка происходившие в ее окрестностях землетрясения были единственными указаниями на вулканическую жизнь этой горы. В 1840 г. Арарат и его окрестности были потрясены страшным землетрясением, причем на вулкане образовалась громадная трещина, из которой вырывались газы и подбрасывались вверх громадные

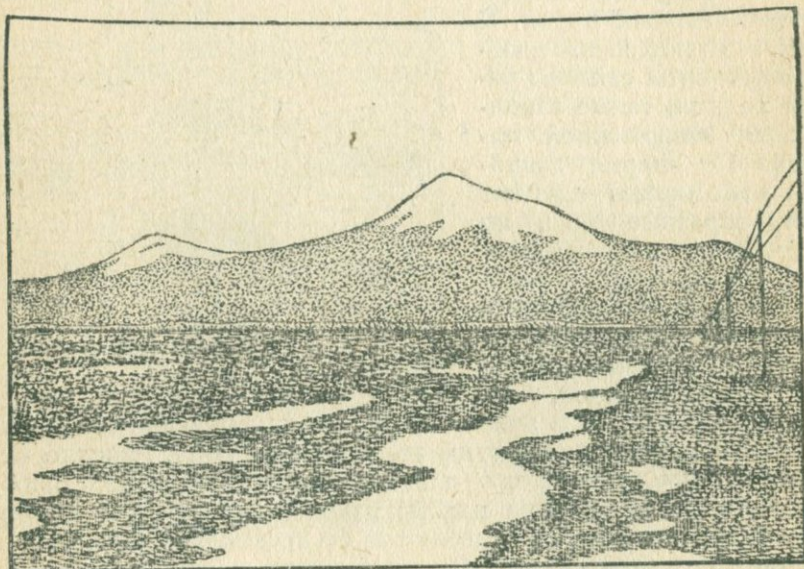


Рис. 158. Вулкан Арарат на Кавказе.

камни. Камни взлетали выше вершины Арарата. Гора была окутана черными облаками; в окрестностях распространился серный запах. Хотя извержение продолжалось не более часа, но деревня Ахуры и монастырь св. Иакова погибли под потоком жидкой грязи и камней.

Из этих примеров видно, что наше представление о состоянии вулканов является недостоверным, и что ни про один из существующих вулканов настоящего времени мы не можем с уверенностью сказать, что он является потухшим вулканом. И только относительно более древних вулканов, возникших в более ранние геологические периоды и не проявлявших деятельности в течение последней геологической эпохи, как это наблюдается например для кавказского вулкана Эльбруса (рис. 159), мы можем сказать, что они потухли.

Извержение вулканов типа маар. Самый процесс извержения у различных типов вулканов совершается неодинаково. Меньше всего он изучен у вулканов типа маар. Количество таких вулканов

очень невелико. Кроме того большинство подобных вулканов образовалось в эпоху, предшествующую современной. Понятно поэтому, что возможность наблюдения извержений таких вулканов надо считать чрезвычайно редким случаем. В течение человеческой истории мы знали только одно извержение этой наиболее простейшей формы вулкана. Произошло оно в Японии в 1882 г. при извержении маароподобного вулкана Сиране. Все извержение состояло из одного единственного взрыва, происшедшего от проникновения из недр земли газов, причем сила взрыва была так велика, что закрывавшая вулкан пробка из обломков пород, щебня, песка, ила, имевшая 200 м в поперечнике, взлетела на воздух.



Рис. 159. Потухший вулкан Эльбрус на Кавказе.

На этом извержение и закончилось без малейшего следа образования лавы или пепла.

✓ **Извержение вулканов типа Везувия.** Извержение у вулканов типа Везувия тоже начинается с усиленного выделения газов, но со взрывом последние вырываются только на вулканах, находившихся долгое время в стадии покоя. Обычно же выделение газов совершается сначала слабо и затем постепенно усиливается. Вместе с газами увлекаются вверх массы пепла, которые придают выходу паров вид темного дымного столба, постепенно растущего вверх по мере выхода из жерла вулкана все новых и новых количеств газа (рис. 160). Днем такой столб кажется темным, но ночью, в силу отражения в нем лучей расплавленной огненно-жидкой лавы, находящейся в жерле вулкана, он принимает багрово-красный цвет и производит впечатление сплошного поднимающегося от земли к небу огненного столба. Высота таких столбов бывает очень велика. При извержении Кракатау в 1883 г. столб паров и газов достигал высоты 27 км, при извержении Везувия он поднимается иногда до высоты 5 км, а при извержении Этны в 1868 г. дымовой столб поднялся до 2 км. Выделение газов обычно сопровождается подземным гулом, а в облаках, в силу трения частиц

пепла и паров, непрерывными электрическими разрядами и ударами грома. Благодаря громадной скорости вырывающихся из жерла вулканов газов, скорости, которая, например, при последнем извержении Кракатау вдвое превосходила скорость полета пушечного ядра, газы обладают колоссальной силой, которая позволяет им уносить с собой вверх громадное количество обломков со стенок вулкана, частиц лавы, шлаков, пепла и пыли.

Поднявшись вверх, этот материал пеленой застилает небо, скрывает солнце и превращает день в ночь. Из образовавшейся

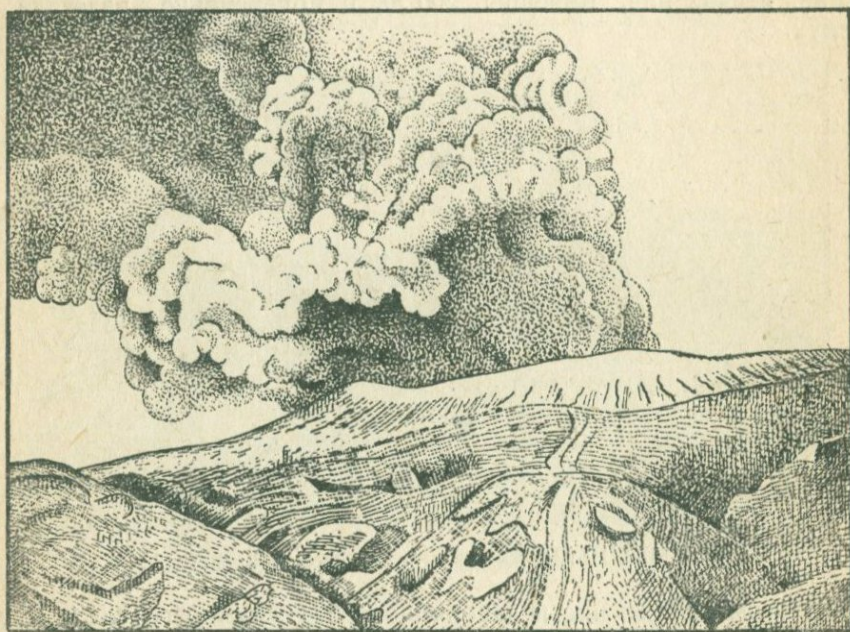


Рис. 160. Извержение Этны в 1928 г.

пепельной тучи сверху падает каменный дождь из пепла, песка и вулканических бомб и глыб, достигающих иногда до 1000 кг весом. Развивающиеся при извержении хлористые и сернистые газы делают воздух удушливым и отравляют растения, животных, птиц и рыб. Вскоре к каменному дождю примешивается сильный водяной дождь. Пары, поднявшиеся на большую высоту в холодные слои атмосферы, сгущаются в тучи, из которых обрушивается на землю проливной дождь. Последний увлекает находящийся на его пути пепел, вместе с ним обрушивается на землю, смывает толщи уже ранее выпавших рыхлых вулканических продуктов и, увлекая их вместе с собой в виде жидкого грязевого потока, устремляется вниз по склонам горы, разрушая все, что попадает ему на пути. Благодаря страшной быстроте, с какой движутся грязевые потоки, они гораздо опаснее огненно-жидкой лавы, которая редко когда обладает очень большой скоростью передвижения.

Взрывы газов, подземные удары, сотрясения земли, массы па-

дающих камней, пепла и дождя, постепенно увеличиваясь, достигают своего максимального напряжения, и, наконец, все завершается страшным взрывом, во время которого часто обрушиваются края вулканического кратера; после взрыва из трещин на вулкане или из его кратера поднимается огненно-жидкая лава, которая или выливается спокойно на склоны вулкана, или же выбрасывается в виде фонтана; так было например при извержении Мауна-Лоа в 1880 г., когда на половине восточного склона вулкана образовался фонтан огненной лавы в 300 м высоты и 30 м в диаметре. Иногда вместо огненно-жидкой лавы из вулкана изливаются потоки грязи, иногда же одни и те же вулканы выделяют грязь и лаву.

После излияния лавы сила извержения начинает ослабевать. Количество выделяющихся газов уменьшается, а вместе с тем соответственно уменьшается и количество пепла, взрывы делаются реже и слабее, подземные удары прекращаются. Вулкан мало-помалу приходит в спокойную фазу своего существования, когда вулканическая деятельность его совершается тихо и равномерно, как это наблюдается например в вулкане Липарских островов — Стромболи, который уже продолжительный период выделяет из себя равномерно лишь одни пары, или же затихает совершенно на более или менее продолжительный период времени.

Извержение вулканов Кракатау и Мон-Пеле. Таков обычный порядок процесса большинства вулканических извержений; но в отдельных случаях наблюдаются существенные отступления от него. Так, иногда извержение ограничивается только первой фазой — взрывными выделениями газов и выбрасыванием рыхлых вулканических продуктов. Примером такого рода извержений может служить одно из самых грандиозных извержений, свидетелем которых был человек, — извержение вулкана Кракатау, расположенного в Зондском проливе. В 1883 г., после 200-летнего периода покоя, началось извержение, длившееся несколько месяцев, причем сила его постепенно возрастала; в конце августа взлетела на воздух большая часть главного острова, образованного этим вулканом, площадью около 75 кв. км и на месте взорвавшейся части образовалось море глубиной в 300 м. Взрыв был настолько силен, что явления, сопровождавшие это извержение, распространились на площади, равной почти площади Европы. Выброшенный при взрыве пепел занял пространство при своем осаждении почти в 1 000 000 кв. км; масса его, выпавшая в Зондском проливе, мешала пароходам плыть; тончайшие частицы пепла поднялись до высоты 70—80 км, и присутствие их в воздухе сказывалось благодаря особенной окраске утренних и вечерних зорь одновременно в Петербурге и Вашингтоне. Морская волна, подымавшаяся при этом взрыве и достигшая высоты 36 м, прокатилась по всему Индийскому, Тихому и части Атлантического океанов. На островах и по берегам Зондского пролива ею было смыто до 36 тысяч человек. Подобное же извержение, но только значительно меньших размеров, наблюдалось в 1888 г. у японского вулкана Бандай-Сана. Последний до этого момента уже 1000 лет ничем не проявлял своей деятельности, а в 1888 г. без всякого предупреждения,

внезапным взрывом газов было уничтожено больше половины этой горы, достигавшей 670 м высоты. Силой возникшего при этом взрыве давления воздуха деревья вырывались с корнем, а с людей срывалось платье. Наступившая после взрыва темнота продолжалась в течение 8 часов. Но ни пепла ни лавы из вулкана вырощено не было.

Еще более замечательным примером таких извержений является извержение вулкана горы Пеле, находящегося на одном из вест-индских островов — Мартинике. В мае 1902 г. этот вулкан, пребывавший 60 лет в стадии покоя, начал извержение. Сначала он выбрасывал небольшие количества газов, грязи; но затем из

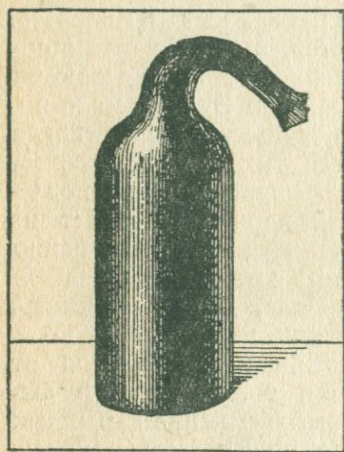


Рис. 161. Бутылка с размягченным и согнутым горлышком от высокой температуры горячего облака, пронесшегося над г. Сен-Пьером во время извержения горы Пеле в 1902 г.

неченными и изогнутыми горлышками (рис. 161). Развившаяся при этом сила давления газов была так велика, что стоявшая в городе тяжелая, в несколько тонн весом, статуя была переброшена на несколько метров. Облако далее направилось в море, окутав его на некоторое время полной темнотой (рис. 162). Излияния огненно-жидкой лавы при этом извержении также не произошло. В дальнейшем из кратера вулкана, имевшего до того времени овальную форму, выдвинулась мощная андезитовая скала в форме гигантского обелиска, достигшего 300 м высоты (рис. 163).

Извержение вулканов Гавайских островов. Прямую противоположность описанным газово-взрывным извержениям составляют извержения вулканов типа гавайских островов. Извержение этих вулканов часто состоит только из излияния расплавленно-жидкой лавы без выделения газов, пепла, лапилли и т. п. Большею частью излияние лавы происходит спокойно, без взрывов. Перед извержением лава поднимается все выше и выше, достигает краев кра-

тера и затем иногда переливается через них, как из переполненной до краев чаши. Временами поверхность лавы покрывается тонкой корой, которая однако быстро разламывается и снова путем переплавления превращается в жидкую лаву. Иногда на поверхности лавового озера начинают бить фонтаны из лавы, достигающие 15 м высоты. Случаи катастрофических извержений, как это было с вулканом Килауэа в 1789 г., когда последний выбросил большое количество шлаков и пепла, очень редки.

Подводные извержения.

Извержения вулканов происходят не только на материках и островах, но и на дне моря. В результате таких извержений среди моря появляются новые острова, насыпанные



Рис. 162. Раскаленное газовое облако, вырвавшееся из жерла горы Пеле 3 мая 1902 г.



Рис. 163. Андезитовая скала, выдвинутая из жерла вулкана Пеле во время извержения 1902 г.

главным образом из вулканического пепла. Известно много таких островов, появившихся под действием вулканических сил на глазах человека. Особенно интересна история острова Иоанна Богослова среди Алеутских островов в Тихом океане. Остров этот впервые появился из-под моря в 1796 г. благодаря подводному извержению, сопровождавшемуся выходом из моря огромного столба дыма, подземным гулом и моретрясением. Сначала остров имел вид небольшого вулканчика. Извержения продолжались и остров увеличивался. В 1806 г. он достигал $2\frac{1}{2}$ миль в окружности и 300 фут. высоты над уровнем моря, а в 1819 г. — 4 географических миль в окружности и 2000 фут. высоты. Около 1823 г. извержения стали уменьшаться и размеры острова под размывающим действием морских волн начали сокращаться, но

еще в 1832 г. он достигал двух миль в окружности. В 1883 г. произошло новое подводное извержение недалеко от острова Иоанна Богослова, благодаря которому появился другой значительный остров, названный островом Гревингга. В 1889 г. остров Гревингга соединился с островом Иоанна Богослова перешейком. В 1890 г., благодаря вновь происшедшим подводным извержениям, около этого острова появились еще три острова, достигшие 300 м высоты.

4. Продукты вулканических извержений

Материал, который доставляют вулканы при извержениях из недр земли на земную поверхность, состоит из газообразных, твердых и расплавленно-жидких веществ.

Газообразные продукты. Газы, извергаемые вулканами, состоят главным образом из паров воды. Кроме паров воды при извержении выбрасываются еще углекислый газ, водород, аммиак, сероводород, сернистый ангидрид, хлор, хлористый водород, углеводороды, азот, пары борного ангидрида и некоторые другие газы. Количество газов и состав их колеблется не только у различных вулканов, но и в каждом отдельном вулкане, часто даже в период одного извержения. Так, Везувий выделяет очень много хлористоводородного газа и мало серных, тогда как Этна — наоборот. Кратер итальянского вулкана «Вулкано», выделявший в прежнее время очень много борной кислоты, в настоящее время выделяет ее в значительно меньшем количестве. Многочисленные наблюдения над выделением газов из различных вулканов показали, что состав выделяющихся газов зависит от их температуры. При температуре выше 500° выделяются только сухие газы, как-то: хлористый натрий, хлористый калий, хлористое железо, хлористый марганец и др. При температуре от 500 до 360° выделяются сернистый газ, хлористый водород и в менее значительном количестве углекислый газ и сероводород. При температуре более низкой, чем 360° , в преобладающем количестве выделяются два последних газа и водяной пар, а количество сернистого газа и хлористо-водородного уменьшается. Некоторые газы, вырывающиеся из вулкана, при соприкосновении с атмосферой, разлагаются или охлаждаются, выделяя на стенках трещины или кратера налеты твердых тел. Образовавшиеся твердые вещества оседают в виде корки на поверхности вулкана или на краях его кратера в виде различного рода солей или элементов. Такого рода образованиям дают название *сублиматов*, или *продуктов возгонки*. Чаще всего таким продуктом бывает сера, которая иногда отлагается в столь большом количестве (как это происходило например у вулкана Этны), что собирается с промышленными целями. Кроме серы в качестве сублиматов очень часто встречаются поваренная соль, нашатырь, хлористый калий, двуххлористая медь, сернистый мышьяк и т. д.

Некоторые вулканы в продолжение уже многих столетий выделяют из себя только газы; такого рода вулканам дают название *сульфатар* по имени итальянского вулкана флегрейских полей Сульфатара, извергающего уже в течение 2000 лет только газы, среди которых преобладающее место занимают пары серы,

Твердые продукты. Выбрасываемые вулканом вместе с газами твердые продукты состоят из пепла, вулканического песка и более крупных камней, которым дают название *лапилли* и *вулканических бомб*. Эти продукты, будучи выброшены из жерла вулкана, поднимаются на различную высоту, сообразно силе взрыва и своему весу, причем выше всего взлетает наиболее мелкий материал; описав в воздухе кривую, они падают обратно на землю. Часть выброшенных продуктов допадает в жерло вулкана и возвращается обратно в воздух при следующем взрыве, часть ложится в непосредственном соседстве с вулканическим жерлом, насыпая вокруг него вулканический конус, а часть разносится по прилежащим к вулкану местностям.

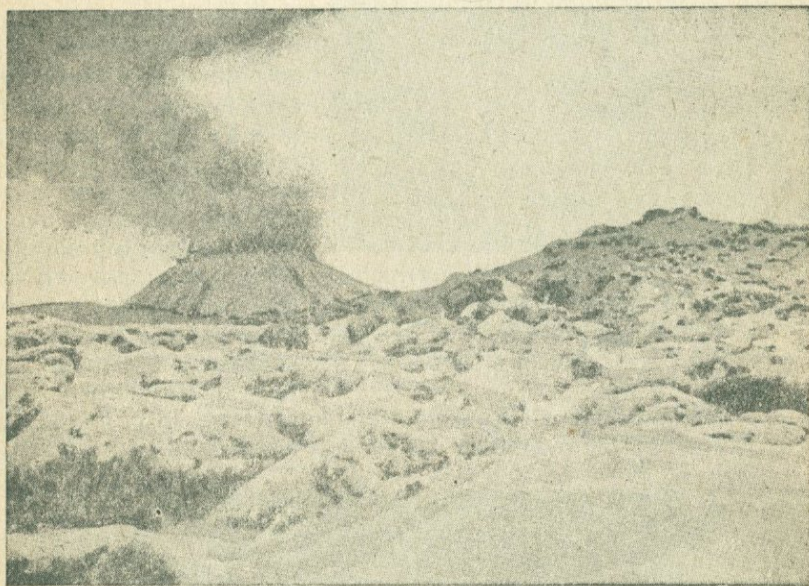


Рис. 164. Выпадение пепла у Отгаяно при извержении Везувия в апреле 1906 г.

Вулканический пепел представляет собою тонкую, светлосерую, почти белую пыль, состоящую из твердых частиц, образовавшихся вследствие дробления лавы газовыми взрывами. Будучи наиболее легким из всех вулканических продуктов, он поднимается до больших высот и разносится часто на большое расстояние от места извержения. Так, при извержениях Везувия пепел долетает до Константинополя и северной Африки, а при извержении Везувия в 1906 г. северными и западными пределами его распространения были Испания, Киль, Париж. Пепел исландских вулканов выпадает в Норвегии, Голландии и Германии. Общая масса пепла, выбрасываемого при извержении, очень велика. При извержениях Везувия количество выброшенного пепла нередко достигает 200 000 куб м. Количество пепла, выброшенного в 1834 г. вулканом Косегвина в центральной Америке, равнялось приблизительно 55 млрд. куб. м,

что составит куб с ребром около 3—4 км. Падая на землю, пепел покрывает все предметы, как выпавший снег, с которым он имеет сходство и по своему светлому цвету (рис. 164). В случаях очень

большого выпадения пепла он разрушает дома, продавливает крыши и погребает под собой целые города и деревни. С течением времени, сляживаясь и видоизменяясь от притекающих с водой химических растворов, он делается плотным и превращается в горную породу — так называемый *вулканический туф*. Благодаря мелкости своих частиц пепел хорошо облекает все предметы и затем, по окаменении, сохраняет их форму не хуже искусственного отлива из гипса. Пользуясь этим свойством пепла при разрытии Помпеи, города, засыпанного слоем

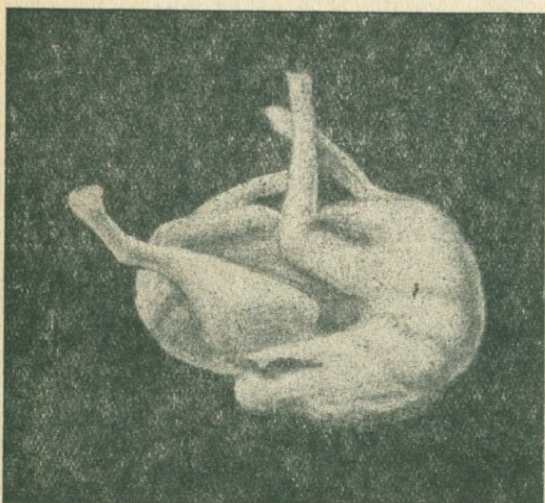


Рис. 165. Гипсовый отлив собаки, погребенной в Помпее под пеплом при извержении Везувия в 79 г.

пепла в 7 м толщиной, выброшенного Везувием в 79 г. нашей эры, удалось реставрировать формы не только погребенных под пеплом

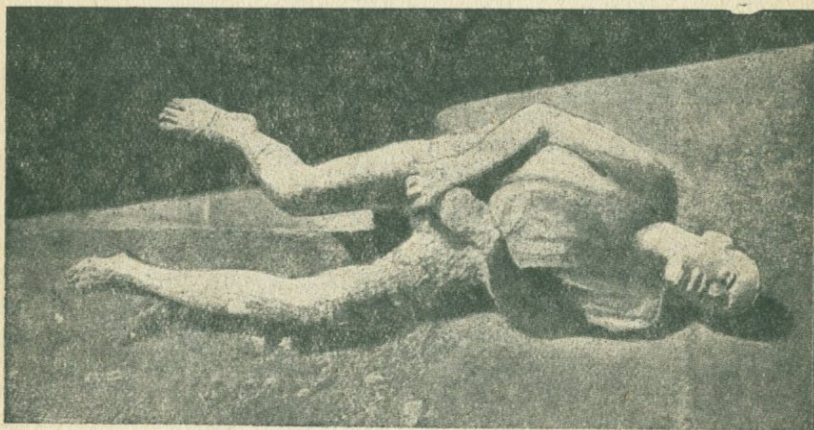


Рис. 166. Гипсовый отлив человека, погибшего в Помпее под пеплом при извержении Везувия в 79 г.

вещей, но даже людей и животных. Для этой цели в обозначающиеся по звуку от удара пустоты в туфе вливают гипс и затем,

после снятия туфа, получают гипсовый отлив тех предметов, которые были погребены под слоем пепла (рис. 165 и 166).

Мелкие, но все-таки более крупные, чем пепел, частицы, выбрасываемые вулканом, носят название вулканического песка. Он почти всегда черного цвета и состоит из обломочков лавы, стекла, иногда со значительной примесью магнитного железняка. По количеству вулканический песок далеко уступает пеплу.

Более крупные камни величиною от горошины до грецкого ореха носят название *лапилли*. Они представляют собою не что иное, как оторванные кусочки лавы, взлетевшие на воздух под влиянием взрывной деятельности газов. Более крупные куски лавы получают название *вулканических бомб*. Последние, если они еще раскалены и мягки, в силу вращения во время полета принимают круглую, вытянуто-овальную, слегка завитую форму, которую и сохраняют по остыванию при своем падении на землю (рис. 167). Некоторые бомбы, упавшие на землю и уже затвердевшие, внутри еще сохраняют свое пластическое состояние. Другой тип вулканических

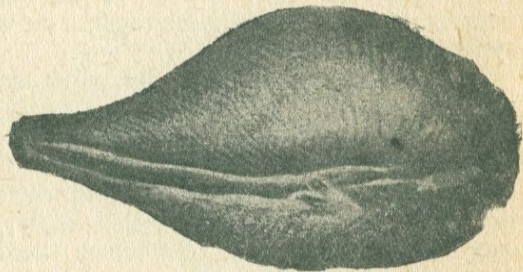


Рис. 167. Вулканическая бомба.

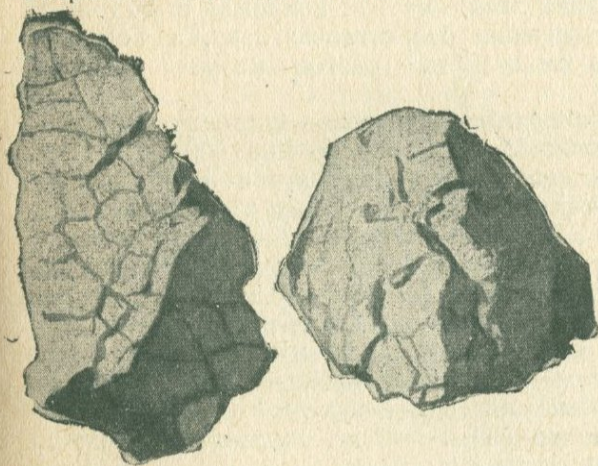


Рис. 168. Коркообразные вулканические бомбы.

бомбы называются глыбами. Вместе с бомбами на землю часто падают обломки тех пород, которые составляют подножье вулкана или слагают стенки его жерла. Количество выброшенных вулканом камней иногда бывает огромно: при извержении горы Пеле в 1902 г. все окрестности вулкана на протяжении 2 км были засыпаны такими камнями, из которых иные достигали 7—8 м в ребре.

Жидкие продукты. Расплавленная жидкая масса, выливающаяся из кратера или по трещинам вулкана, носит название *лавы*. Последняя, как и все жидкие тела, обладает способностью течь с различной скоростью в зависимости от своего состава, массы, температуры и от уклона своего ложа. Подобно водному потоку, она принимает форму удлинённого потока, если местность, по которой лава течёт, имеет уклон, или разливается в лавовое озеро, если местность, в которую попадает лава, имеет котловинообразный характер. Как и река, в случае уступообразного характера ложа, лава образует лавопады, как это наблюдалось например у вулкана Килауэа.

В химическом отношении лавы состоят по преимуществу из элементов:

K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Ti, Si, O.

В количественном отношении отдельные лавы очень разнятся по составу друг от друга. Все лавы делят по количеству SiO_2 на две большие группы: основные лавы — с количеством SiO_2 , не превышающим 52%, и кислые лавы — с количеством SiO_2 , большим, чем 52—60%. Кислые лавы богаты окислами K и Na и бедны окислами Ca, Mg, Fe, а основные — наоборот. Кислые лавы окрашены в светлые цвета, вязки, обладают небольшим удельным весом. Основные имеют темную окраску, более легкоплавки и обладают значительным удельным весом. Различие в химическом составе магм наблюдается не только у различных вулканов, но часто один и тот же вулкан в различные периоды своей деятельности извергает неодинаковые лавы. Так, Везувий например в настоящее время изливает только основную базальтовую лаву, а Сомма — более древняя часть того же вулкана — состоит из кислой трахитовой лавы.

Масса лавовых потоков колеблется в очень широких пределах: от величины нескольких кубических метров до 1 000 000 000 куб. м. Площадь большинства лавовых потоков Везувия не превышает 1 кв. км. Наибольший поток лавы вулкана Этны, вылившийся при извержении 1669 г., имел в длину 2 географических мили, а в ширину $\frac{3}{4}$ географической мили. Самые большие лавовые потоки наблюдаются у вулканов Исландии и затем у вулканов Гавайских островов. Так, вулкан Скаптар-Иокуль в 1783 г. изверг поток лавы длиной от 60 до 80 км, шириной от 10 до 24 км, при толщине от 10 до 30 м. Общее количество доставленной этим вулканом лавы равнялось объёму Монблана, самой высокой горы Альп. Килауэа при своих извержениях 1859 и 1881 гг. образовал потоки до 50 км длины, при средней ширине в 2,5 км.

Форма лавовых потоков зависит от крутизны склона, по которому движется лава, от состава самой лавы и от начальной температуры ее. На крутых склонах лавовые потоки образуют вытянутые языки, на пологих — они растекаются в широкие лавовые поля, или покровы. Кислые лавы обладают обыкновенно малой подвижностью и поэтому принимают форму мощных, но коротких потоков, а основные лавы обладают большей подвижностью и поэтому застывают в форме удлинённых потоков. Лавы, вылившиеся из

жерла при более высокой температуре, текут на большем протяжении, чем лавы, имеющие низкую температуру.

Скорость движения лавы обыкновенно невелика. Потоки лав Везувия только в первое время имеют скорость, равную двум метрам в секунду, а затем она постепенно уменьшается. Такова же и скорость течения лав Этны. В редких случаях лавы текут с быстротой 8 м в секунду. Лавы вулканов гавайского типа обладают более значительной скоростью, иногда достигающей до 20—30 км в час.

Замедление в скорости движения лавы происходит от понижения температуры лавы. В начальной стадии при излиянии из вулкана температура лав бывает очень велика. Измерения температуры лавы в кратере Килауэа показали 1200°. Лава вулкана Везувия имеет от 800 до 1000° С и больше. С поверхности лава охлаждается очень быстро; уже во время движения своего потока лава покрывается снаружи твердой корой, под которой течет далее как в мешке. Застывшая лава обладает очень малой теплопроводностью; благодаря этому обстоятельству внутренние части потока очень долго сохраняют свою высокую температуру. В то время как на поверхности лавы уже свободно можно ходить, внутри она часто оказывается еще огненно-жидкой, в чем легко убедиться, протыкая верхние слои лавы или же по естественным отдушинам в ней. Лава, вылившаяся из вулкана Хорулло в 1759 г., внутри потока была еще расплавленно-жидкой через 60 лет. Лавовые потоки Везувия имели внутри температуру свыше 100° спустя 5—6 лет после их излияния. Плохой теплопроводностью застывшей лавы объясняется и то обстоятельство, что на высоких горах в области вечного снега и льдов встречаются застывшие потоки лав, лежащие над или между снежными или ледяными слоями (Исландия).

Может случиться, что жидкая лава, движущаяся внутри отвердевшей лавовой оболочки, стечет вся в нижележащие участки потока, и тогда на месте ее образуется пустота. Верхняя корка, разрушаясь от действия атмосферных агентов или же обрушиваясь от собственной тяжести, обваливается вниз, и тогда из-под нее вскрывается углубление в лавовом потоке. Другого рода пустоты образуются в лаве благодаря выделению газов, всегда присутствующих в большем или меньшем количестве в лавах. От выделения газов лава принимает ячеистый или пузыристый вид, становится очень легкой и пористой (рис. 169). Если газы выделяются бурно и в большом количестве, то, взламывая уже отвердевшую кору лавы, они нагромождают из обломков лавы и шлаков коническое возвышение, которому дают название *фумаролы*. Если поток лавы очень мощен и выделение газов продолжается долгое время, то подобные фумаролы нагромождают *паразитические конусы*, из которых происходят самостоятельные небольшие извержения.

От количества выделяющихся паров зависит и характер поверхности лавового потока. Различают по внешней форме два типа лав: *глыбовую* и *волнистую* лаву. Глыбовая лава имеет чрезвычайно неровную поверхность, состоящую из отдельных неправильных глыб, сильно пористых, навороченных хаотически друг над

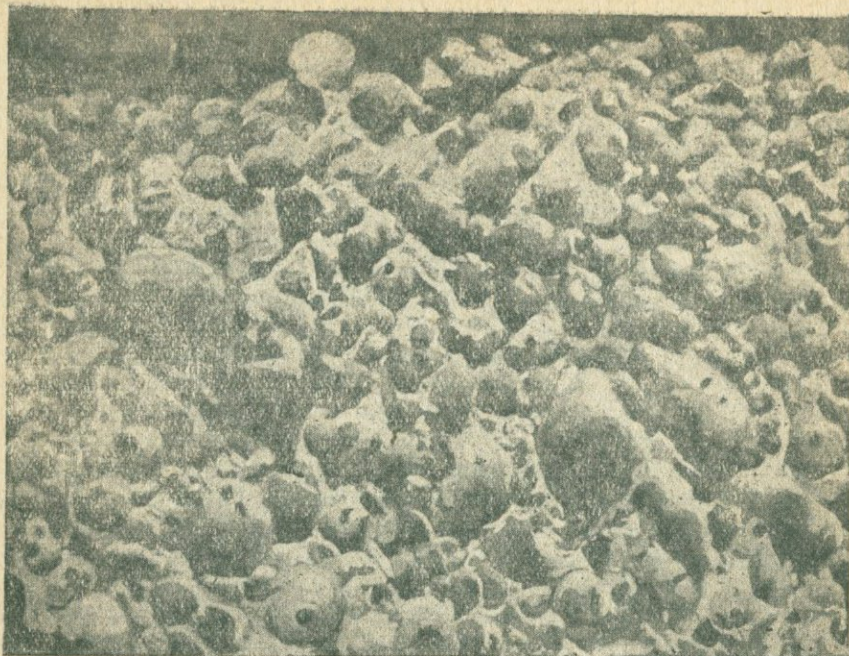


Рис. 169. Пузыристая лава. □

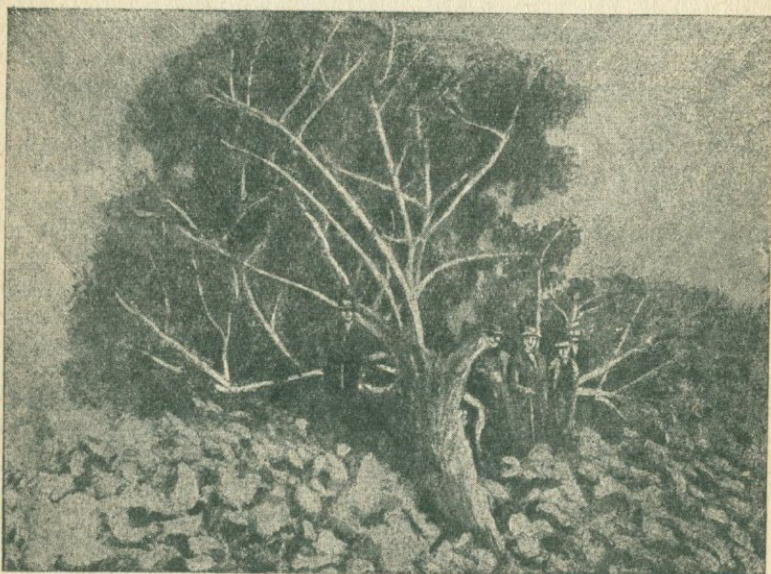


Рис. 170. Глыбовая лава и поверженная ею сосна (извержение Везувия в 1906 г.).

Другом. Такого рода лава образуется в случае избытка в ней газов. Последние при своем выделении поглощают значительное количество тепла из лавы, в силу чего переход лавы из жидкого в твердое состояние совершается очень быстро. Благодаря давлению, развиваемому газами, образующаяся твердая кора ломается, возникшие глыбы ее в силу движения внутренних незастывших частей потока передвигаются, напозаюют друг на друга и образуют беспорядочные скопления (рис. 170).

Волнистая лава образуется в тех случаях, когда газы или совсем отсутствуют в лаве, или же количество их ничтожно. При таком условии застывание лавового потока происходит медленно, на поверхности его сначала образуется полутвердая пластичная корка, которая под влиянием движения прикрываемых ею частей жидкой лавы не ломается, а собирается в складки и валики с очень причудливыми изгибами и закруглениями. Сохраняя эти же формы и по окончательном застывании, лава принимает волнистую поверхность, от которой и получила свое название. Так как одна и та же лава в различные моменты может заключать в себе различное количество газов — в начале движения их обычно очень много, а под конец количество их постепенно уменьшается, — то в одном и том же потоке лавы можно встретить различные типы ее с постепенными переходами.

Вулканические горные породы. Лавы, застывая, превращаются в изверженные горные породы. Соответственно составу лав все вулканические изверженные породы делятся на основные и кислые, но кроме того в каждой из этих двух групп выделяются: из кислой — средние, а из основной — ультраосновные породы.

В кислых породах количество кремнекислоты больше, чем оснований, в силу чего кислые породы пересыщены кремнекислотой. Избыток кремнекислоты в них выделяется в виде кварца. Все кислые породы отличаются присутствием этого минерала. Примером кислых пород служат *липарит* и *дацит*.

Липарит является светлоокрашенной породой: белой, сероватой, красноватой или желтоватой. Основная масса его плотная или очень мелкокристаллическая, иногда стекловатая. Среди основной массы включены бросающиеся в глаза отдельные, часто правильно образованные кристаллы кварца, ортоклаза, роговой обманки. Такое сложение породы, когда среди плотной или мелкокристаллической основной массы включены кристаллы отдельных минералов, называется *порфировой структурой*, а включения кристаллических минералов — *порфировидными вкраплениями* (рис. 171).

Даци́т представляет также светлоокрашенную породу среди основной плотной или мелкокристаллической массы, в которой имеются порфировидные вкрапления кварца и плагиоклаза. Кроме того встречаются еще слюда и роговая обманка.

Средние породы насыщены кремнекислотой настолько, что ее достаточно для соединения с основаниями. Избытка кремнекислоты нет, а потому породы этой группы не содержат кварца. Примером средних пород служат *трахит*, *андезит* и *порфирит*. *Трахит* — обычно светлой окраски. Структура его порфировая. Среди плотной или слегка пористой мелкокристаллической массы породы

выделяются порфирированные вкрапления кристаллов ортоклаза (санидина) и темноокрашенных минералов: биотита, реже пироксена или роговой обманки. Андезит также порфирированная порода, но более темной окраски, чем трахит: тона окраски варьируют от серого, красного, зеленого до темносерого. Основная масса — плотная или мелкокристаллическая, а порфирированные вкрапления состоят из плагиоклаза, пироксена, роговой обманки и биотита. Порфирит такая же порода, как андезит, но только более древнего возраста.

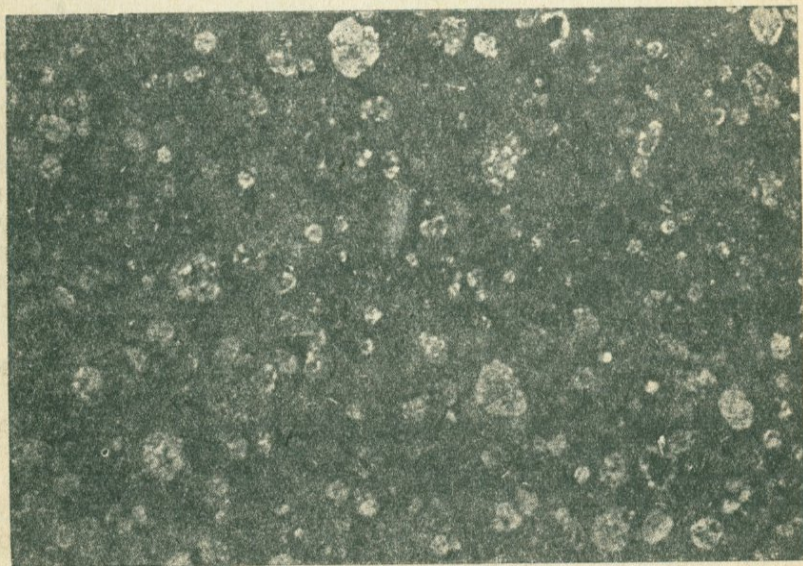


Рис. 171. Порфирированная структура у лейцитового базальта.

Светлые пятна — порфирированные кристаллы лейцита; темные — авгита; основная темная масса — стекло.

Основные породы недосыщены кремнекислотой, в силу чего последней нехватает для соединения с основаниями и они выделяются в виде свободных окислов. К этим породам относятся базальты и диабазы.

Базальты представляют черного цвета пористую или плотную породу, составные части которой трудно различимы для невооруженного глаза. Главную массу базальта составляет вулканическое стекло или очень мелкокристаллическая масса, различимая только под микроскопом. В качестве кристаллических порфирированных выделений среди основной массы присутствуют кристаллики полевого шпата (плагиоклаза), авгита, роговой обманки и магнитного железняка. В некоторых базальтах присутствует оливин и тогда порода дает название *оливинового базальта*.

Диабаз имеет такой же состав, как и базальт, но в отличие от базальта вся масса его является полнокристаллической без порфирированных выделений. В состав его входят плагиоклаз, авгит и магнитный железняк.

Ультраосновные породы — сильно недосыщены кремнекислотой. Последней нехватает даже для образования силикатов, богатых кремнекислотой, как полевые шпаты. Поэтому вместо полевых шпатов в ультраосновных породах встречаются силикаты с малым количеством кремнекислоты, как оливин, нефелин, авгит и другие. Представителем этих пород могут служить *нефелиновый* и *оливиновый базальты*, отличающиеся от обыкновенного базальта тем, что в них место плагиоклаза занимает нефелин или оливин.

Стекловатые плотные разности вулканических пород называются *обсидианом*, а пористые стеклогато-пузыристые — *пемзой*.

5. Причины вулканических извержений

Если посмотреть на карту распространения вулканов (рис. 172), то прежде всего бросается в глаза расположение их по берегам морей и на океанических островах. По восточной окраине Атлантического океана вулканы протягиваются, начиная от острова Ян-Майена, через Исландию, Азорские, Канарские острова и остров св. Елены. По берегам Средиземного моря вулканы встречаются в Италии и на итальянских островах, в Малой Азии, откуда переходят в Армению, Сирию и Аравию. В Индийском океане вулканический пояс протягивается от Красного моря через Восточную Африку, Маскаренские, Коморинские острова и остров Мадагаскар. На востоке Индийского океана располагаются вулканы Зондских островов. Но больше всего вулканов по берегам и островам Тихого океана. На стороне Азии вулканический пояс проходит почти в меридиональном направлении, начиная от Камчатки, через Курильские, Японские, Филиппинские острова, через Соломонов архипелаг, Новые Гебриды, Новую Зеландию до земли Виктории и островов Полярного круга. Со стороны Америки вулканический пояс идет от Алеутских островов и Аляски с небольшими перерывами через всю Северную, Центральную и Южную Америку, Огненную землю и до островов Южно-полярного моря.

Такая связь в расположении вулканов по соседству с морем уже давно бросалась в глаза, и поэтому причины образования вулканов ставили в зависимость от проникновения морских вод в глубокие слои земли до вулканических очагов с расплавленной лавой. Проникающая сюда вода при соприкосновении с раскаленной лавой должна превращаться в пары, благодаря давлению которых происходит взрыв, вызывающий образование вулканического жерла и выход через последнее на поверхность сгненно-жидкой лавы.

Подтверждение такого рода гипотезы видели в большом количестве водяных паров, вырывающихся из недр земли, при извержениях, и в выделении при этом хлористого натрия, присутствующего в морской воде.

Проникновение воды на большую глубину однако мало вероятно. В силу повышения температуры с глубиной в среднем на 1° С через каждые 35 м, на глубине уже 3500 м вся вода должна находиться в парообразном состоянии; в форме пара вода стремится из областей более нагретых перейти в области с меньшей

температурой, в силу чего парообразная вода не может опуститься до вулканических очагов и должна обратно подниматься кверху.

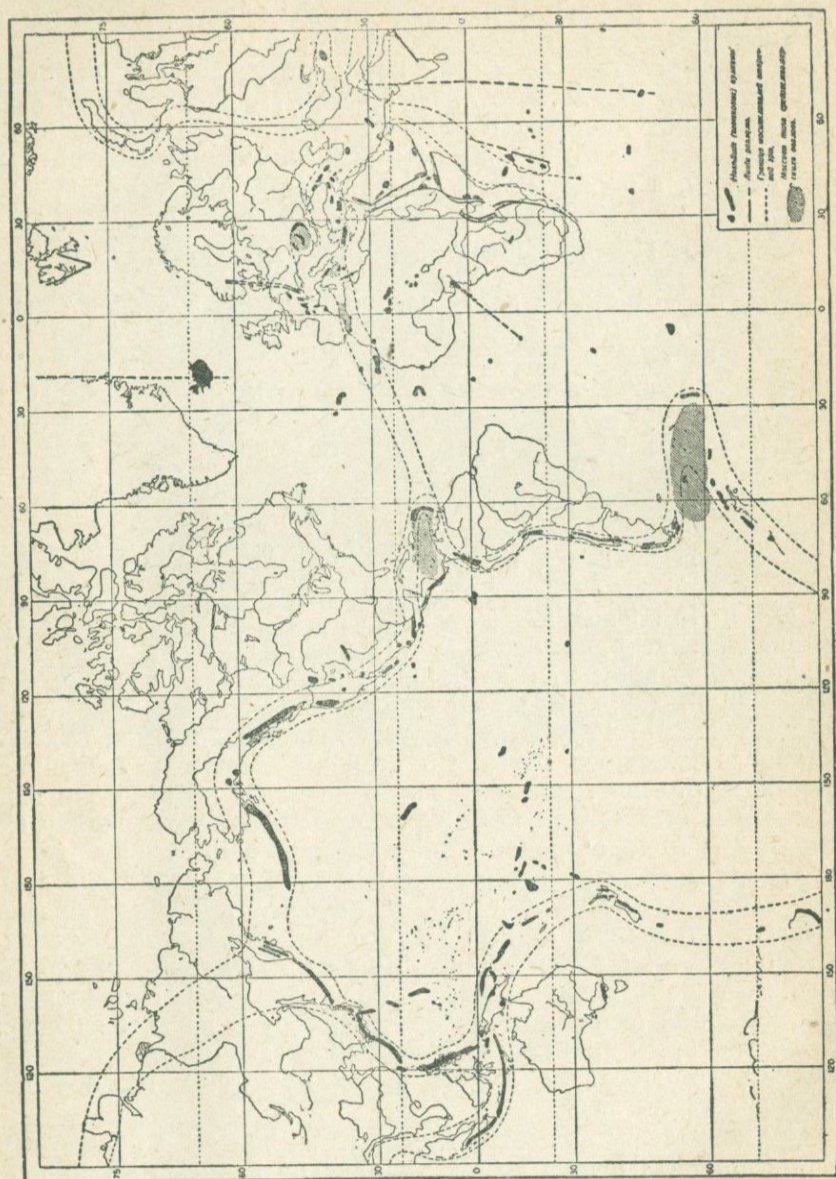


Рис. 17. Карта расположения вулканов на Земле. Масштаб 1 : 270 000 000. По Огу.

Наконец, существуют вулканы, расположенные внутри материков далеко от моря, как например вулканы Мексики и Эквадора, отстоящие от берега моря на 200—300 км, или действующие

вулканы центральной Африки — Телеки и Суссуа, находящиеся на расстоянии 750—1000 км от берега моря. Очевидно, что образование таких внутриматериковых вулканов не может быть объяснено проникновением морской воды.

Но тем не менее приуроченность громадного большинства вулканов к берегам океанов не может быть простой случайностью, и между зональным расположением вулканов вдоль берегов и океанами существует какая-то причинная связь. Эту связь можно видеть не в проникновении морской воды до вулканических очагов, а в тех же самых причинах, которые вызывают и расположение всех молодых складчатых гор в частях материков, пограничных с океаном. Если всю массу гор, находящихся на поверхности суши, распределить ровным слоем по поверхности материков, то тогда материки будут возвышаться на 700 м над уровнем моря. Океаны занимают впадины в земной коре со средней глубиной в 3500 м. Общая высота материков над дном океана определяется в 4200 м. Если мысленно удалить всю воду из океанов, то морское дно представится нам в виде огромной низменной равнины, на которой лишь местами наблюдаются возвышенности и углубления, но с гораздо более мягкими очертаниями, чем горы и впадины на материках. Последние поднимаются со дна океана в виде больших выступов, напоминающих по форме столовые горы. Переход от материковых выступов к океаническим впадинам совершается тройным образом. Материки спускаются очень полого к морю, причем пологий уклон продолжается и под водой и мелководный берег постепенно переходит в большие глубины. Такой переход суши к морю наблюдается на восточной стороне Северной Америки. Иногда же в медленно опускающемся морском дне наблюдается на значительном расстоянии от берега более или менее крутой уступ, который ограничивает от глубоководного океана область мелководного моря, или континентальную платформу (см. рис. 100).

Обширная континентальная платформа наблюдается на севере Азии, в сторону Полярного моря, точно также и Европа окружена континентальной платформой с северной и с западной сторон.

По соседству с материками непосредственно располагаются глубочайшие морские рвы или пучины (рис. 173). Резче всего такой переход между сушей и морем наблюдается в Тихом океане. Вдоль западного берега Американского материка протягивается глубокая впадина с наибольшими глубинами в 7635 м в области, называемой Атакамской пучиной.

Параллельно Азиатскому берегу и Австралии протягивается целый ряд пучин (Алеутская, Курильская, Лиу-Киу, Каролинская, Тонга и др.) с глубиной в 7000—9633 м.

Параллельно этим пучинам и по соседству с ними на материках располагаются молодые складчатые горы и пояса вулканов. По соседству с восточно-тихоокеанской впадиной вздымаются Анды, по соседству с пучинами, лежащими в западной части Тихого океана, — вулканические горы Алеутских островов, Камчатки, Японии, Лиу-Киу, Филиппинских, Каролинских, Марианских, Тонга, Таити и Новой Зеландии.

Молодые горные цепи Азии и Европы, как-то: Гималаи, Кавказ, Альпы, хотя в настоящее время и не находятся по соседству с морскими пучинами, но в третичный период, когда происходил наибольший рост этих гор, они располагались по берегам обширного Средиземного моря, проходившего посредине всего восточного полушария, остатком от которого является современное Средиземное море.

Связывая такое строение земной поверхности с теорией постепенного сжатия земной коры от охлаждения, можно видеть в материках горсты и выступы, а в океанских впадинах — области опускания земной коры. Границы между ними — места наиболь-

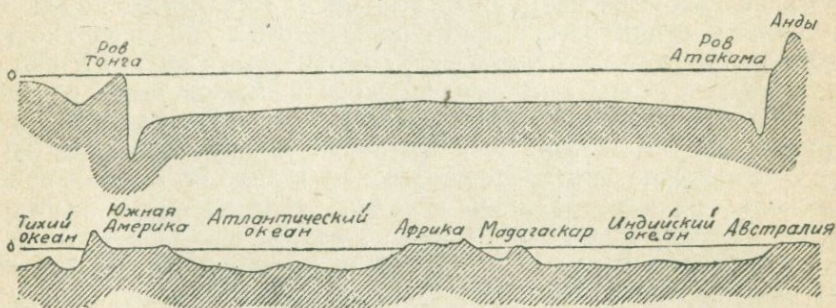


Рис. 173. Схематический разрез через Тихий океан (верхний рисунок) вдоль 20° южной широты и через Атлантический и Индийский океаны (нижний рисунок) вдоль 24° южной широты.

шего давления в земной коре, в силу чего здесь и образуются наивысшие горы на материковых выступах и наибольшие пучины — в океанических впадинах. Благодаря вертикальным прогибам и горизонтальным движениям, совершающимся в пограничной полосе между морем и сушей, нередко давление превосходит здесь прочность земной коры, и тогда в последней образуются трещины и изломы.

Опускающиеся части океанического дна давят на лежащую под твердой корой расплавленную магму, и последняя устремляется вверх в возникшие трещины и изломы, отчего на земной поверхности возникают вулканические явления. Такое представление о причинной связи между тектоническими процессами земной коры и вулканическими явлениями хорошо объясняет зональное расположение вулканов по берегам морей, связь их с молодыми складчатыми горами, расположение вулканов нередко в местах перегиба антиклиналей и по линиям сбросов. В некоторых случаях даже удавалось подметить соотношение между вулканическими извержениями и опусканием дна прилегающего моря. Так например при вышеуказанном извержении горы Пеле на Мартинике наблюдалось увеличение глубины соседних частей моря на несколько сот метров.

Вероятно, это оседание морского дна, сказавшееся в нарушении равновесия подлежащей магмы, и послужило причиной возобновления деятельности вулкана горы Пеле.

Подобное объяснение причин вулканических явлений не исклю-

чает возможности образования вулканов и внутри материков. Хотя горообразовательные процессы и приурочиваются по преимуществу к берегам океанов, но движения земной коры возможны и внутри материков, как это наблюдается, например в Африке (образование большого Африканского грабена). С другой стороны, становится понятным отсутствие вулканов в северной Азии или на востоке Северной Америки, где нет высоких прибрежных гор и материк постепенно переходит в морское дно; это свидетельствует о том, что в этом месте в земной коре нет нарушения земных пластов, слагающих сушу и морское дно.

6. Термальные источники и гейзеры

С деятельностью вулканов связаны термальные источники и гейзеры. *Термальными источниками* или *термами* называются источники с более высокой температурой, чем средняя годовая температура данной местности. Термальные источники поднимаются к земной поверхности с большой глубины и встречаются обычно поблизости с вулканическими очагами, действующими или потухшими.

Кроме того термальные источники встречаются по трещинам в земной коре, возникающим при сбросах и грабенах.

Температура термальных источников остается постоянной и независящей от времени года. У различных источников она различна; так например термальные источники в Горячеводске на Кавказе имеют температуры от 44 до 80° С, Пятигорские источники — от 27 до 51°, Железноводские — 44° и т. д.

В отличие от обыкновенных источников, химический состав которых находится в зависимости от тех горных пород, через которые они протекают, состав солей термальных источников находится вне зависимости от пород данной местности. Так например Карлсбадский шпрудель в Австрии, выходящий из гранитов, выносит ежегодно около 6 т фтористого кальция, 800 т углекислого натра, 1300 т глауберовой соли, затем еще углекислый кальций и поваренную соль. Так как этих солей в составе гранита нет, то очевидно они попадают в воды шпруделя не из гранита, а из какого-то другого источника.

Если рассчитать по геотермическому градусу глубину, с которой может выходить Карлсбадский шпрудель, имеющий температуру в 73°, то окажется, что он должен выходить из глубины не менее 2,5 км. В действительности же начало его должно быть еще глубже, так как, поднимаясь к земной поверхности, он отдает часть своего тепла окружающим его более холодным поверхностным горным породам. Первоначальная температура этого источника должна быть, по всей вероятности, больше 100°.

Основываясь на глубоком происхождении термальных источников и на составе, выносимых ими в растворе солей, геолог Зюсс доказал, что воды этих источников рождаются в недрах земли путем выделения паров воды из расплавленно-жидких магм; в составе последних водяные пары присутствуют в значительном количестве, как это показало исследование газов, выделяющихся при

вулканических извержениях. Такие воды, впервые появляющиеся на земле, Зюсс назвал *ювенильными*, или *юношескими*, *водами*.

Но кроме ювенильных вод термальные воды образуются еще и из поверхностных вод, просачивающихся по трещинам до нагретых подземных частей действующих или полупотухших вулканов. Нагреваясь от теплоты последних до парообразного состояния или под давлением выделяющихся из магм газов, просочившиеся воды могут подняться обратно вверх в более высокие слои земли и выйти на земную поверхность в виде термальных источников.

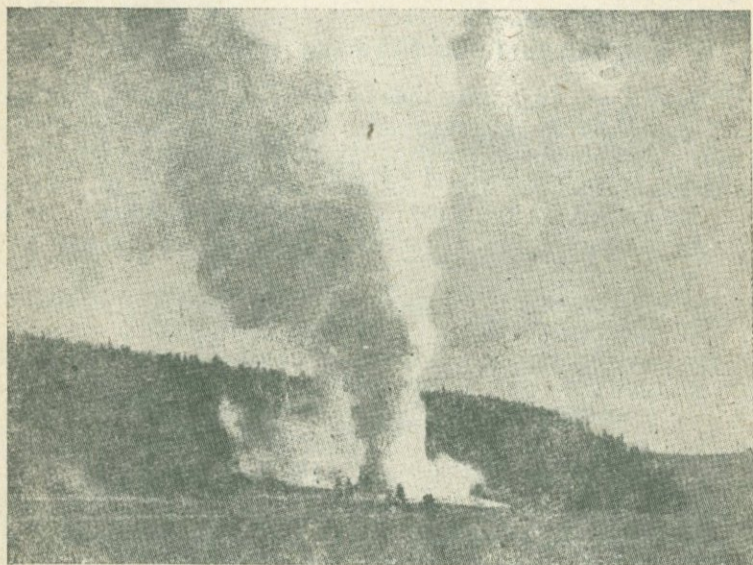


Рис. 174. Гейзер в Йеллоустонском парке.

Термальные источники имеются во многих частях СССР и многие из них по своим целебным свойствам не уступают заграничным термам. Таковы например известные сернистые источники в Пятигорске и Горячеводске на Северном Кавказе.

Периодически извергающиеся термальные источники называются *гейзерами*. Первый такой источник был найден в Исландии, где он носит название Гейзера; позднее этим именем стали называть все периодически извергающиеся термальные источники. Кроме Исландии гейзеры известны в Новой Зеландии, в Японии, в США, где количество их в одном Йеллоустонском парке достигает 160 гейзеров (рис. 174).

Периодические извержения гейзеров происходят в силу следующих причин. Температура воды в гейзерах на поверхности источника 80° ; по мере углубления в горловину гейзера она повышается и на некоторой глубине достигает $120\text{--}129^{\circ}$. Такое перегревание воды в канале гейзера возможно благодаря давлению вышележащего столба воды. Постепенное нагревание воды в глу-

бине канала вызывает образование огромных пузырей пара, которые делаются все больше и чаще, и наконец сила упругости пара превосходит давление вышележащего столба воды и последний взрывается, подымаясь на воздух до высоты 30 м; за первым взрывом следует второй, третий и т. д.; так продолжается минут 10, после чего все успокаивается и вода в канале гейзера снова стоит как в любом колодце до следующего взрыва. Промежутки между отдельными извержениями в разных гейзерах бывают весьма различны по своей продолжительности.

Вода гейзеров содержит в растворе много окиси кремния, которая отлагается кругом гейзера в виде снежно-белого кремнистого туфа — *гейзерита*.

XI. ВУЛКАНОИДЫ

К этому типу относятся *грязевые вулканы* или *сальзы* (рис. 175). С настоящими вулканами они сходны только по форме, но значи-

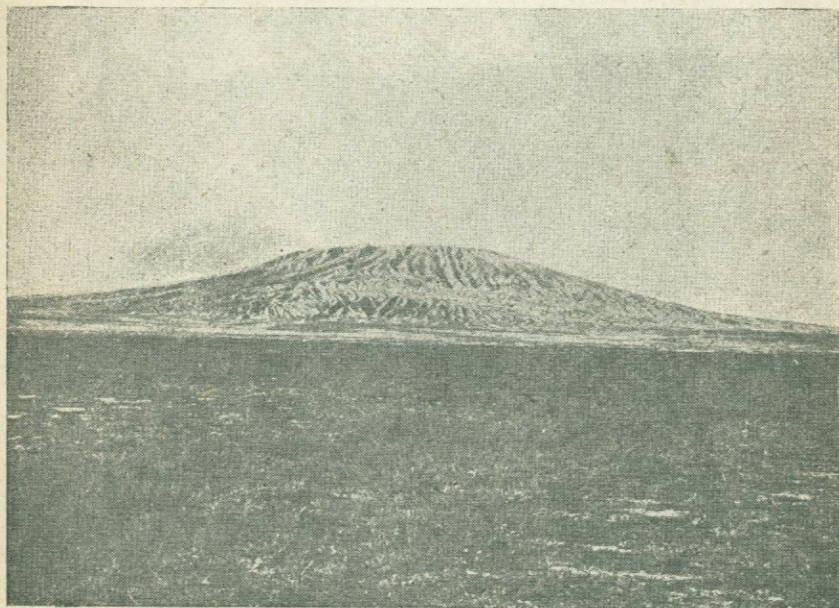


Рис. 175. Грязевой вулкан в Азербайджане.

тельно уступают им по размерам. Они очень распространены у нас в Бакинском районе и на Таманском и Керченском полуостровах. Наибольший из вулканов Бакинского района — Тоурага, поднимается в виде правильного конуса на 480 м над уровнем моря и около 300 м над окружающей местностью. Основание конуса имеет около 17 км в окружности; на вершине конуса имеется кратер с диаметром около 400 м. Другие грязевые вулканы имеют меньшие размеры. Самые крупные из них на Таманском и Керченском

полуостровах поднимаются над окружающей местностью не выше 60 м; большинство из них не имеют даже конусообразной формы, а представляют низкие холмы с плоской вершиной, на которой сидят отдельные небольшие отдушины, выплевывающие грязь (блеваки) (рис. 176).

Грязевые вулканы наподобие настоящих вулканов располагаются рядами по определенным линиям, совпадающим с гребнем антиклинальных складок или с линиями трещин и сбросов в земной коре. Но в отличие от настоящих вулканов извержение вулканоидов состоит в выбрасывании только грязи под действием выделяющихся из недр земных газов. Обычно деятельность грязевых вулканов безвредна: из них спокойно через некоторые промежутки

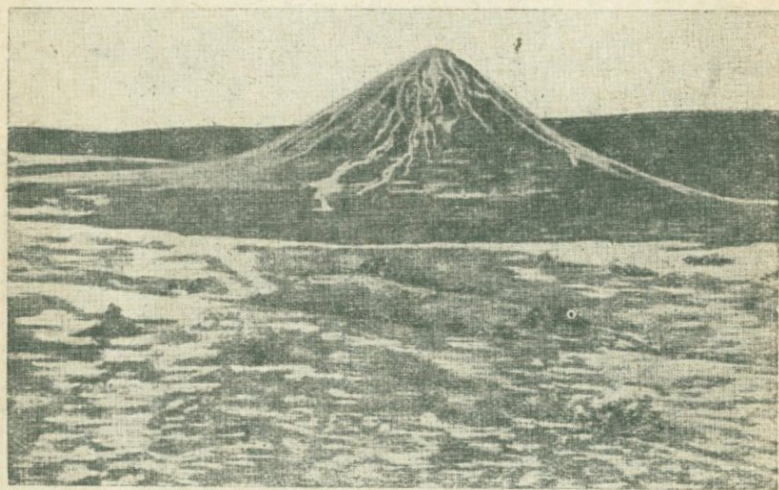


Рис. 176. Сопка грязевого вулкана Булганак на Керченском полуострове.

времени выливается грязь. Но иногда такие извержения носят взрывной характер, сопровождаясь землетрясением и самовозгоранием выделяющихся газов, по преимуществу метана. Благодаря своей неожиданности такие извержения могут быть опасны: так например, грязевый вулкан Баз-Даг в Азербайджане при извержении в 1902 году сжег 6 пастухов и 2000 овец, которые расположились на ночлег в кратере вулкана. При извержении грязевого вулкана на Свином острове около г. Баку в 1932 г. было обожжено воспламенившимися газами несколько человек.

Выбрасываемая вулканоидами грязь состоит из ила, смешанного с водой, и содержит в себе соли хлористого натрия, сернистый натр, бор, иод и бром.

Во многих местностях грязевые вулканы связаны с нефтяными месторождениями (Апшеронский полуостров, Тамань).

В пределах СССР грязевые вулканы расположены на Керченском полуострове, на Таманском полуострове и прилегающей к ним части Кубани. Большое количество грязевых вулканов находится в Азербайджане и Туркмении по восточному побережью Каспий-

ского моря. Количество их здесь более 200. В южной части Каспийского моря имеется много островов, представляющих собою грязевые вулканы. Небольшое количество мелких 'грязевых вулканов имеется в Грузии, около Сигнаха.

Общая площадь, занятая вулканоидами в СССР, достигает примерно 120 тысяч кв. километров.

ХИ. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Действие подземных сил проявляется в землетрясениях.

Под землетрясением подразумевается всякое сотрясение земной коры, происходящее от действия подземных сил. Несмотря на ка-



Рис. 177. Карта очагов землетрясений. Масштаб 1:185 000 000.
По Богдановичу.

жущее спокойствие и неизбежность земной поверхности, земля трясется постоянно. Но мы замечаем только наиболее крупные землетрясения, сопровождающиеся ощутимыми для нас толчками и колебаниями почвы, тогда как мелкие землетрясения остаются для нас незаметными. Если не считать мелкие так называемые *микросейсмические* явления, то число крупных землетрясений, называемых *макросейсмическими*, достигает в среднем 3830 в год, т. е. через каждые 2 часа 17 минут где-нибудь на Земле совершается ощутимое движение почвы.

Землетрясения происходят не всюду на земной поверхности: есть области, где они очень часты, и есть области, почти свободные от землетрясений (рис. 177). В СССР наибольшее количество землетрясений приходится на Кавказ, где центр их находится в Закавказье около г. Шемахи, испытавшего уже 254 крупных землетрясения; затем по количеству землетрясений следует Туркестан,

где наиболее подвержены землетрясениям Фергана и г. Алма-Ата (Верный). Меньше всего наблюдается землетрясений в Европейской части СССР, где в среднем бывает не более трех землетрясений в год.

По способу своего происхождения все землетрясения распадаются на три группы: 1) землетрясения, происходящие от обвалов в земной коре, 2) землетрясения, связанные с деятельностью вулканов, или вулканические землетрясения и 3) землетрясения тектонические, вызываемые тектоническими горообразовательными процессами.

Землетрясения, происходящие от обвалов, наблюдаются главным образом в тех местностях, где в земной коре имеются большие пустоты, возникающие под действием подземных вод. Такие пустоты могут достигать значительной величины, как например Мамонтова пещера в Кентукки в Северной Америке, которая со всеми боковыми ответвлениями имеет длину около 250 км. Если такая пещера разрастается до размеров, при которых ее своды не выдерживают собственной тяжести, то происходит обвал потолка пещеры, что на поверхности земли сказывается в форме землетрясения. Области распространения таких землетрясений невелики и редко превышают несколько квадратных километров. Такие землетрясения относятся по своему характеру к слабым, не причиняющим людям бедствий.

Более значительны по своим размерам вулканические землетрясения, сопровождающие извержения вулканов. Пары и газы, вылетающие под большим давлением из жерла вулкана, производят сотрясательное действие на пласты Земли, отчего в последних возникает колебательное движение, которое передается окружающим местностям. Некоторые из вулканических землетрясений отличаются довольно значительной силой, как например землетрясения, бывшие при извержении вулканов Мауна Лоа и Кракатау; но область таких землетрясений также невелика: многочисленные землетрясения, записываемые в обсерватории на Везувии, не ощущаются в его окрестностях.

Большинство землетрясений принадлежит к тектоническим землетрясениям. Последние характеризуются частой повторяемостью, большой областью распространения, большой продолжительностью и связаны с определенными линиями. По своим размерам тектонические землетрясения принадлежат к наиболее катастрофическим для людей.

Причиной тектонических землетрясений служит изменение положения различных частей твердой земной коры, образование в ней разрывов, сбросов, сдвигов, трещин. Образование разрыва в сплошности какого-либо тела, а в особенности такого твердого, как земная кора, всегда сопровождается сотрясением, что и вызывает тектонические землетрясения. Горообразовательные процессы совершаются очень медленно, и они проходили бы для нас совершенно незаметно, если бы не землетрясения, которые служат показателем совершающихся горообразовательных процессов. Вполне понятно поэтому, что большинство землетрясений приурочено к областям гор и в особенности к тем из них, где горообразовательные процессы еще не кончились, как например в Гималаях, на Кавказе, в Альпах и Андах,

1. Гипоцентр и передача землетрясений в глубине земли

То место, где совершается явление, вызывающее землетрясение, называется *гипоцентром*, или *фокусом землетрясения*. Механическая энергия, образующаяся в фокусе или гипоцентре от тектонических процессов, в силу того, что Земля представляет собою твердое тело, может передаваться в окружающие гипоцентр пласты земли только в виде волн упругости. Эти волны не нужно смешивать с волнами тяжести, примером которых могут служить обычные морские волны. В морских волнах частица, выведенная из своего положения и поднятая ветром на вершину волны, скатывается вниз уже под влиянием силы тяжести, причем каждая частица воды оказывает давление на соседнюю частицу, в силу чего образуется вращательная форма движения. В волнах упругости выведенная из своего положения частица возвращается обратно под влиянием сил сцепления. Движение частиц в волнах упругости прямолинейно и может происходить только в продольном и поперечном направлениях. Всего лучше можно представить движение волн упругости на резине: если последнюю растянуть и затем ослабить, то каждая частица резины сначала подается вперед, потом возвращается обратно, сохраняя одно и то же прямолинейное направление. Такое колебание частицы резины будет продольным. Если же мы натянем резину между двумя неподвижными стойками и заставим ее колебаться в перпендикулярном к ней направлении, то тогда каждая частица будет испытывать поперечные прямолинейные колебания. Они соответствуют поперечным волнам упругости. Различие между произведенными такими способами колебаниями резины и распространением невидимых волн упругости в твердом теле заключается в том, что, при сообщении механической энергии в упругом теле, в нем те и другие волны возникают не одновременно, как в случае с резиной, а одновременно.

Волны упругости в однородной среде расходятся одновременно во все стороны, и если бы соединить волны, отошедшие одновременно от гипоцентра, то тогда получилась бы правильная шаровая поверхность, которая называется *гомосейсмической поверхностью*. Последовательно отошедшие от гипоцентра волны дают целый ряд таких концентрически расположенных гомосейсмических поверхностей. Линии, направленные перпендикулярно к гомосейсмическим поверхностям, показывают направления распространения энергии в данной среде. Такие линии называют *линиями удара* (рис. 178).

Чем дальше уходят волны упругости от своего фокуса, чем шире делаются гомосейсмические шаровые концентры, тем больше переходит в теплоту энергия, вызывающая волны упругости, благодаря трению частиц, и тем больше уменьшается сила удара. Наибольшее количество механической энергии передадут те волны, которые пойдут по вертикали и скорее всего достигнут земной поверхности.

Определение глубины гипоцентра, произведенное несколькими способами, показало, что очаги всех землетрясений расположены не глубже 100—200 км.

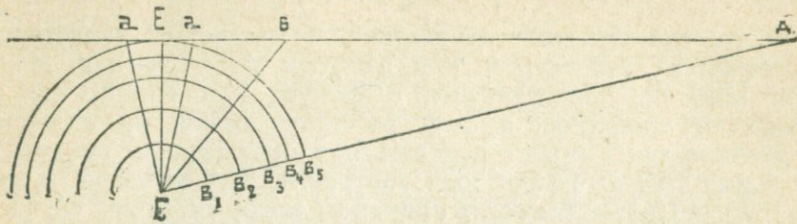


Рис. 178. Схема распространения волн землетрясения и линий удара.
 Г — гипоцентр; Е — эпицентр; B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 — гомосейсмические поверхности;
 Г а, Г Е, Г б, Г Д — линии удара.

2. Эпицентр

Место на земной поверхности, в котором выйдут волны упругости с наибольшей напряженностью и силой удара, или точка выхода вертикали от фокуса к земной поверхности, получило название *эпицентра* землетрясения. Эпицентр представляет вертикальную проекцию гипоцентра на земную поверхность. Если гипоцентр имеет вид точки, то тогда и эпицентр будет точкой; если гипоцентр имеет форму линии, то и эпицентр будет линией; если гипоцентр будет плоскостью, то и эпицентр получает характер плоскости.

Волны, распространяющиеся от гипоцентра, достигнув в эпицентре поверхности земли, возбуждают в направлении от последнего новые поперечные волны, называемые *поверхностными*; последние можно сравнить с волнами, происходящими на поверхности воды от брошенного камня.

Поверхностные волны могут обойти вокруг всей земли, встретиться в другом полушарии в точке прямо противоположной (анти-эпицентр) и снова из нее разойтись по земной поверхности, но вглубь земли они не проникают.

Кроме волн упругости в эпицентральной области наблюдаются и видимые поверхностные колебания почвы в виде волн тяжести, связанные с смещением частиц почв наподобие смещения частиц воды в морских волнах. Такие волны не только видимы, но часто остаются на поверхности в виде изгибов последней, как это видно на рис. 179, изображающем волнообразно изогнутую мостовую в Сан-Франциско во время землетрясения 1906 г. Такие волны возникают только в рыхлых горных породах, как-то: в песках, глинах, галечниках, тогда как в скалистом грунте они не происходят.

В эпицентре, в силу того, что линии удара выходят вертикально к поверхности, предметы, находящиеся на поверхности земли, испытывают сотрясательное движение, т. е. подсакакивают вверх и затем становятся обратно на свое место, совершенно подобно тому, как сотрясаются предметы, стоящие на столе, от удара по нижней стороне стола непосредственно под ними. Высокие предметы, как-то: каменные стены, церкви, башни, не выносят вертикальных

ударов и разрушаются. С удалением от эпицентра вертикальная составляющая проявляется все слабее, а горизонтальная проявляется все сильнее. Под влиянием горизонтальных толчков вертикально стоящие предметы выводятся из своего положения и наклоняются к горизонту, отчего получается впечатление о волнообразном движении. Таким образом при каждом землетрясении внутренние части области землетрясения будут испытывать сотрясательные колебания, а внешние — волнообразные.

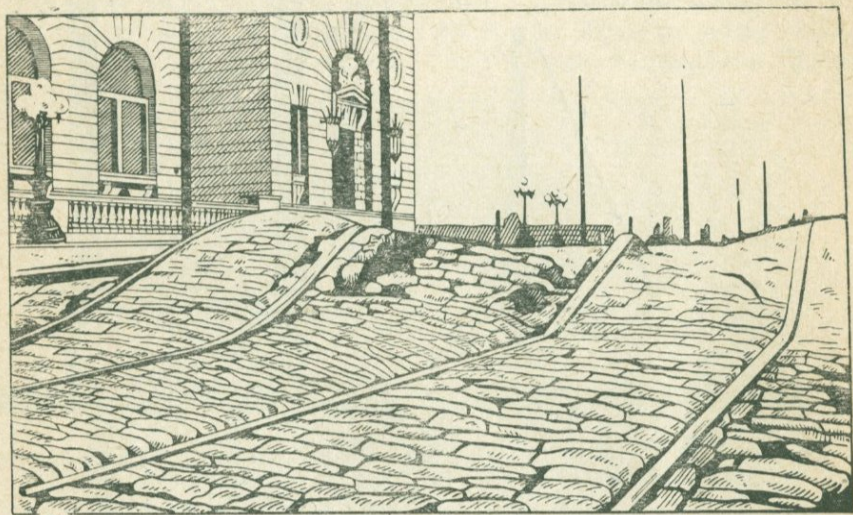


Рис. 179. Земляной вал, возникший на одной из улиц г. Сан-Франциско во время землетрясения 1906 г.

Кроме сотрясательных и волнообразных движений наблюдаются еще и вращательные. Последние возникают в результате также прямолинейных движений, но лишь тогда, когда центр тяжести данного тела и точки опоры не лежат на одной вертикальной линии.

3. Шкала землетрясений

Для определения силы землетрясения пользуются десятибалльной шкалой Росси-Фореля:

1. Удары непосредственно не ощущаются, а обнаруживаются лишь чувствительными инструментами.
2. Сотрясения ощущаются отдельными людьми, находящимися в состоянии покоя.
3. Сотрясения ощущаются большинством людей, находящихся в состоянии покоя.
4. Колебания почвы, ощущаемые людьми, находящимися в движении и деятельности. Дребезжание оконных стекол.
5. Колебания ощущаются всеми. Колебания мебели, звон некоторых колокольчиков.

6. Пробуждение всех спящих. Звон колокольчиков. Остановка часов с маятником. Шелест деревьев.
7. Опрокидывание предметов. Звон больших колоколов.
8. Образование трещин в домах. Разрушение труб и т. п.
9. Разрушение отдельных частей зданий или целых зданий.
10. Всеобщее разрушение. Образование трещин в земле, обвалы, оползни.

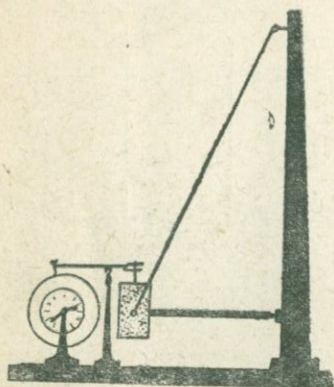


Рис. 180. Горизонтальный маятник в сейсмографе.

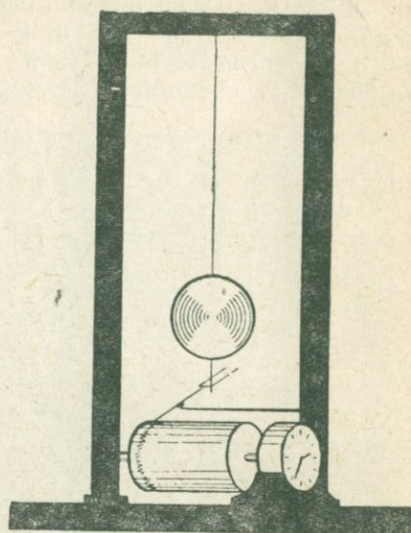


Рис. 181. Сейсмограф с вертикальным маятником.

В качестве инструмента для записывания землетрясений пользуются прибором, называемым *сейсмографом*. Последний в большинстве случаев представляет горизонтальный или вертикальный маятник, острие которого отмечает колебания на барабане, движущемся посредством часового механизма (рис. 180 и 181). Запись, сделанная сейсмографом, называется *сейсмограммой* (рис. 182).

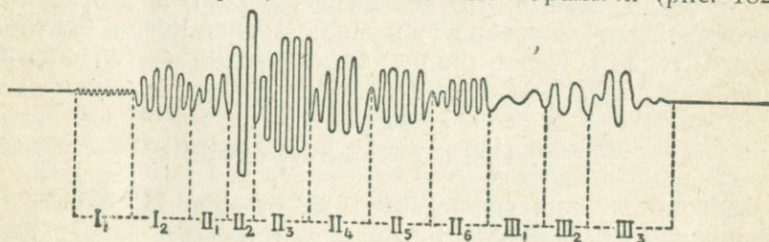


Рис. 182. Сейсмограмма.

Чтение сейсмограмм дает возможность установить время, силу, направление и место землетрясения.

4. Последствия землетрясений

Землетрясения принадлежат к числу грозных неотвратимых явлений природы, которые причиняют людям громадные бедствия. Землетрясениями разрушаются целые города, цветущие области

превращаются в пустыни, причем происходит гибель часто десятков и сотен тысяч людей. При Лиссабонском землетрясении 1755 г., уничтожившем много городов, погибло более 24 000 чел. При землетрясении в Японии 1703 г. погибло 200 000 чел. и была разрушена столица японского государства г. Токио. Такое же большое землетрясение повторилось здесь и в 1923 г., когда в одном только г. Токио погибло от возникшего при землетрясении пожара 56 774 чел., утонуло 11 227 чел. и было раздавлено домами 3608 чел. При этом землетрясении была испепелена $\frac{1}{20}$ всего национального достояния Японии. В Сирии в 526 г. от землетрясения погибло 200 000 чел. При землетрясении 1887 г. в городе Алма-Ата (Верном)



Рис. 183. Разрушения в г. Балаклаве во время землетрясений в 1927 г. (фот. П. А. Двойченко).

в Казахстане было разрушено 1500 зданий и погибло 300 человек. При большом землетрясении в Сицилии и южной Италии, бывшем в 1908 г., было разрушено много селений, два большие города — Мессина и Реджио — и погибло около 150 000 чел. При этом все эти катастрофы совершаются в очень короткое время: Лиссабон был разрушен в 5 минут, Мессина и Реджио — в 4 минуты. В силу столь короткого срока люди не успевают покинуть помещений и погребаются под обломками зданий (рис. 183).

Но кроме таких громадных бедствий, причиняемых людям землетрясениями, последние производят еще разнообразные изменения в самой земной коре. Чаще всего при землетрясениях образуются трещины. В Лиссабоне в 1755 г. подобным путем провалилась мраморная набережная с находившимися на ней людьми.

Особенно много образовалось трещин при Семиреченском землетрясении 1910 г. Некоторые из трещин имели 50 км в длину и до 8 м в ширину. В эти трещины осели и завалились дома, провалились телеграфные столбы, ушли запасы хлеба, утек порох в пороховых погребах и погибли люди. Из многих трещин появилась

вода. Берег озера Иссык-куля был разбит трещинами, как лед на реке во время ледохода.

Нередко образование трещин сопровождается перемещением по ним земных пластов в горизонтальном и вертикальном направлениях. При перемещении пластов в горизонтальном направлении происходит сдвиг, как это наблюдалось например при землетрясении в Сан-Франциско в 1906 г. (рис. 184), когда образовалась длинная трещина, причем местность, расположенная на запад от этой трещины, сдвинулась к северо-западу на 2—6 м, а область, расположенная на восток, сдвинулась к юго-востоку.

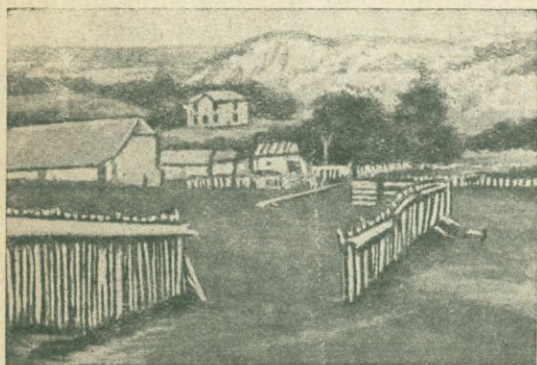


Рис. 184. Забор, разорванный сдвигом во время землетрясения в Сан-Франциско в 1906 г.

При смещении пластов в вертикальном направлении образуются сбросы. При Семиреченском землетрясении сбросы в северных цепях Тянь-Шаня достигли особенно больших размеров. Многие из них тянулись по правильным линиям на целые километры, а вертикальное смещение пластов достигло 10 м (рис. 185).

Многие из них тянулись по правильным линиям на целые километры, а вертикальное смещение пластов достигло 10 м (рис. 185).



Рис. 185. Трещины и сбросы, образовавшиеся при Семиреченском землетрясении в 1900 г. около селения Фольбаумовского.

Волнообразные движения почвы, при которых дома качаются на земле, как ладьи на море, в некоторых случаях приводят к образованию на земной поверхности валов; такой вал возник на одной из улиц Сан-Франциско во время землетрясения 1906 г., причем лежавшие на ней трамвайные рельсы и каменная мостовая изогнулись горбом.

В горах землетрясения сопровождаются многочисленными обвалами, оползнями, оплывинами, часто перегораживающими речные долины и подпруживающими реки в озера.

5. Моретрясения ✓

Если эпицентр приходится не на суше, а на морском дне, то тогда происходит моретрясение. На судах, проходящих во время подводного землетрясения по морю, оно воспринимается как сотрясение моря; толчки при этом передаются по воде, а через последнюю сообщаются судам.

XIII. СОСТАВЛЕНИЕ ИСТОРИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

1. Русская платформа и ее окраины

Большая часть Русской равнины на значительную глубину сложена осадочными горными породами, преимущественно морского происхождения. На северо-западе равнины выступает из под толщи осадочных образований обширный Скандинаво-Финляндский кристаллический щит (рис. 186), а на юге — значительно меньший по размерам — Южно-Русский кристаллический щит, протягивающийся от Подолии до Азовского моря полосой около 500 км шириной. Оба эти щита сложены древнейшими горными породами: из гранито-гнейсов, из гнейсов, гранитов и различных кристаллических сланцев. Оба они очень сильно смяты, собраны в складки, разбиты сбросами и сдвигами.

Такой же вид и строение имела некогда кристаллическая земная кора в остальной части Русской равнины, составляя одно целое с двумя вышеуказанными кристаллическими щитами. Но в то время, как последние в течение всей дальнейшей земной истории оставались на своем месте в виде жестких устойчивых глыб, кристаллическая земная кора в остальной части Русской равнины опустилась и неоднократно покрывалась морями, которые и отложили на своем дне поверх кристаллической земной коры мощные пласты осадочных пород.

В Ленинграде, по соседству с непосредственными выходами кристаллической земной коры в Финляндии, кристаллические гнейсо-граниты были обнаружены буровыми скважинами на глубине 200 м, а в северной части Курской области до них не могли добраться и на глубине 640 м.

Местами кристаллические породы уходят вглубь под осадочные пласты постепенно, как это наблюдается например от г. Випури к Ленинграду (см. рис. 28), местами же под влиянием сбросов и горстов они обрываются резко. Так например восточная окраина выходов Южно-Русского кристаллического щита обрывается на-

столько резко, что в рядом лежащем городе Таганроге кристаллические горные породы были встречены под толщей осадочных горных пород лишь на глубине 824 м, а к югу от щита в центральной части Крыма буровая скважина в 800 м до них еще не дошла. Точно так же на северной и западной окраинах Южно-Русского щита есть указания на признаки происходящих здесь разломов земной коры, в силу чего Южно-кристаллический щит получил характер горста. Такие же линии разломов имеются и в Скандинаво-Финляндском щите; ими обусловлены в основных чертах конфигурация Кольского полуострова, горла Белого моря и очертания берегов последнего, происхождение ванн Онежского, Ладожского озер, основные линии Балтики (см. рис. 186).

Вне областей щитов кристаллическая кора, скрытая под осадочной толщей, залегает не везде одинаково, как это можно судить по толщине осадочных пород и по буровым скважинам: при общей равнинной поверхности в ней есть углубления — прогибы и повышенные места — глыбы и валы; местами кристаллическая кора подвергалась изломам, по которым участки ее опустились в виде грабенов.

Одна из обширных впадин — Московская или Центрально-Русская, находится в центральной части СССР, другая — Восточно-Русская — между Уралом, Тиманом и Московской впадиной, третья — в Прикаспийской области.

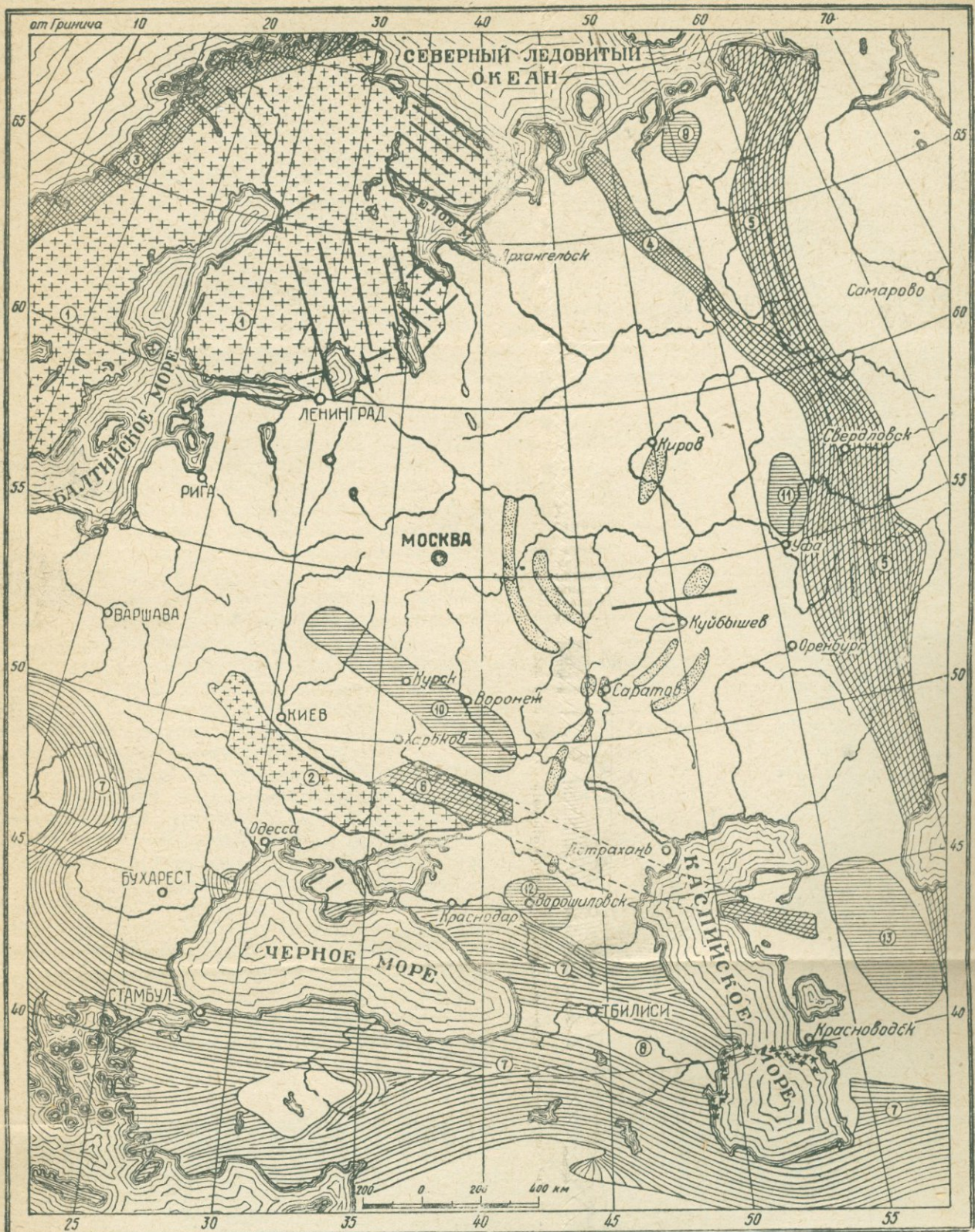
Южнее Московской впадины кристаллическая кора изгибается вверх горбом, который обнаруживается на глубине около 200 м неподалеку от Курска, откуда протягивается в Воронежскую область и около г. Павловска выходит непосредственно на поверхность в виде гранитных пород.

К югу от Курско-Воронежского горба кристаллическая кора образует глубокую впадину, известную под именем Харьковской мульды. Эта мульда вытянута в северо-западном направлении и занимает обширную область на Украине и в Белоруссии. В основе этой впадины лежат разломы и образование обширных, но мелких ступенчатых грабенов в кристаллической коре.

Осадочная толща в своем залегании восполняет неровности своего кристаллического фундамента, утолщаясь во впадинах и утончаясь на приподнятиях его.

Горные породы, слагающие осадочную толщу, состоят по преимуществу из морских мелководных осадков и отложений средних глубин, чередующихся с континентальными отложениями. Это указывает на то, что море неоднократно заливало Русскую равнину и затем снова отступало от нее. По характеру преобладающих здесь морских осадков область Русской равнины вне области щитов можно признать за *платформу*, окружавшую вышеуказанные щиты.

Слагающие платформу осадочные пласты лежат почти всюду горизонтально. Это свидетельствует о большой устойчивости Русской платформы; если на ней и происходили передвижения морей, то эти передвижения были вызваны эпейрогеническими процессами. Последние состояли из колебаний, захватывавших различные участки Русской платформы одновременно: одни участки ее опускались и заливались морем, другие, наоборот, поднимались вверх,



- I II III IV V VI VII VIII
- I—Кристаллические щиты; II—горсты; III—подземные валы; IV—Каледонская складчатость; V—Герцинская складчатость; VI—Альпийская складчатость; VII—сбороры; VIII—грязовые вулканы.
 1—Фенно-скандинавский кристаллический щит; 2—Южно-Русский кристаллический щит; 3—Каледонская геосинклиналь в Скандинавии; 4—Тиманская геосинклиналь; 5—Уральская геосинклиналь; 6—Донецко-Мангышлакская геосинклиналь; 7—Средиземноморская геосинклиналь; 8—Рионо-Куринская впадина; 9—горст Пытьова камня; 10—Воронежско-Курский горст; 11—Уфимский горст; 12—Славяно-льский горст; 13—Усть-Уртская глыба.

Рис. 186. Геоструктурная карта Европейской части СССР. Составлена автором. Долгота к Е от Гринвича. Масштаб 1:20 000 000.

выходили из-под уровня моря и становились сушей. Благодаря неоднородности земной коры и различной мощности слагающих ее пластов, напряжения, вызывавшие эпейрогенические явления, проявлялись не везде одинаково: местами они разряжались в образовании из земных слоев невысоких валов (Скифский вал, Окско-Упинский вал и др.), плоских поднятий (Уфимское, Ставропольское плато), местами разломами и пологими складками (Жигулевский сброс, Ергени). Такого рода дислокации, будучи незначительными, не нарушали общей равнинности Русской платформы.

Совершенно иначе обстояло дело по окраинам платформы. На северо-востоке почти с самого начала образования седиментарной коры начала возникать Тиманская геосинклиналь, на востоке — обширная геосинклиналь, протягивающаяся от Новой Земли через Пай-Хой и через всю местность современного Урала до Мугоджарских гор включительно. Эти обширные меридиональные или приближающиеся к меридиональному направлению геосинклинальные прогибы создали здесь наиболее неустойчивые участки земной коры, в которых сдавливающее напряжение от стяжения земной коры и от других сил вызвало орогенические процессы, создавшие Тиманские и Уральские горы.

На южной стороне платформы возникла геосинклинальная впадина вдоль северо-восточного склона Южно-Русского кристаллического массива в направлении с WNW на ESE. Она протянулась от Днепропетровска через Донецкий район, Сало-Маньчский водораздел и на Мангышлакский полуостров на Каспийском море. Долгое время в течение всей древней эры в этой геосинклинали отлагались осадочные породы, пока напряжение земной коры не перешло в обратный процесс складкообразования и на месте Донецко-Мангышлакской геосинклинали выросли *Амодейские* горы. В настоящее время эти горы уничтожены и в рельефе ничем не сказываются, но оставшиеся корни их, так называемый *Донецкий бассейн*, содержат наши лучшие месторождения каменного угля, железных руд, киновари и каменной соли.

Еще далее к югу протягивается в широтном направлении более молодая и очень обширная Средиземноморская геосинклиналь с ее Крымско-Кавказским ответвлением; эта геосинклиналь дала начало горным поясам из Карпатско-Анатолийских гор и Крымско-Кавказско-Копетдагской горной цепи.

Соответственно геологической структуре Русской платформы и ее окраин, геологическая история всей этой местности была очень сложной: в ней отразились все главнейшие эпохи потрясавших земной шар горообразовательных процессов и длительные периоды относительного спокойствия земной коры. Одни участки ее были устойчивы и служили сушей в течение всей земной истории, другие — испытывали вековые эпейрогенические движения, вызывавшие трансгрессии и регрессии мелководного моря, третьи — отличались наибольшей подвижностью: прогибались на большую глубину и затем вздымались вверх в форме высоких горных хребтов.

Все эти явления нашли себе выражение в горных породах. Кроме движений земной коры последние запечатлели на себе климатические и географические условия своего времени, захоронили

в себе остатки живших во время их образования животных и растений.

Главная масса пластов осадочной толщи в области Русской платформы сложена из морских осадков, отлагавшихся здесь последовательно в течение всей земной истории.

В отдельные геологические периоды очертания морей, бывших на месте Русской платформы, менялись; поэтому не во всех частях ее пласты осадочной коры представлены полностью; но не было такого геологического периода, когда бы море исчезало совершенно из пределов Русской платформы или окружавших ее геосинклиналей.

Горные породы и слагаемые ими земные пласты служат документами, на основании которых составляется история земли. Если сравнить земные пласты, отложенные в течение отдельных геологических периодов, с главами книги, то можно сказать, что в летописи Русской платформы и ее окраин представлены все главы земной истории.

Благодаря этому на изучении геологического строения Русской платформы можно почти полностью познакомиться с историей земли.

2. Геологический профиль

Обычно горные породы на поверхности земли скрыты под слоем растительного покрова. Они выступают непосредственно на дневную поверхность лишь на вершинах высоких гор, в области пустыни, на морском берегу — там, где земная кора лишена растительности. Все такого рода выходы горных пород называются *обнажениями*.

Обнажения горных пород наблюдаются не только на поверхности земли, но и в разрезах ее по оврагам, ущельям, долинам рек, обвалам, в подмытом отвесном берегу моря и в других случаях, где тот или другой геологический деятель разрушает земную кору в вертикальном направлении. Кроме того вертикальные обнажения горных пород могут быть созданы и искусственно при ломке камня, заложении железнодорожных выемок, проведении тоннелей, при сооружении колодцев, буровых скважин. Всем такого рода вертикальным обнажениям земной коры дают название *геологического профиля*.

3. Чтение геологического профиля

Один из самых больших разрезов в земной коре сделала река Колорадо в Северной Америке. Эта река течет по высокому и пустынному плато, в котором она проложила себе отвесное ущелье, глубиной более чем в тысячу метров. Общий вид этого ущелья представлен на рис. 187. Трудами американских геологов земные пласты, слагающие ущелье реки Колорадо, подробно изучены, и составлено описание этого величайшего геологического профиля, изображенного схематически на рис. 188.

Самыми древними отложениями будут здесь те, которые лежат в основании профиля, а самыми новыми — породы, залегающие

сверху его. Фундаментом, на котором лежат все осадочные слои, служит кристаллическая кора, обнажающаяся в самом основании профиля. Слагающие ее гнейсы и граниты собраны в крутые и частые складки, как будто бы они были не твердой горной породой, а легко мнущейся мягкой материей; кроме того сильно смятые гнейсы пересекаются многочисленными жилами интрузивных и изверженных пород: диабазы, гранита и пегматита.

Горные породы, давшие начало гнейсам, первоначально отложались в виде параллельных и горизонтальных пластов (рис. 189), т. е. имели *согласное и нормальное залегание*. Затем пласты, гори-

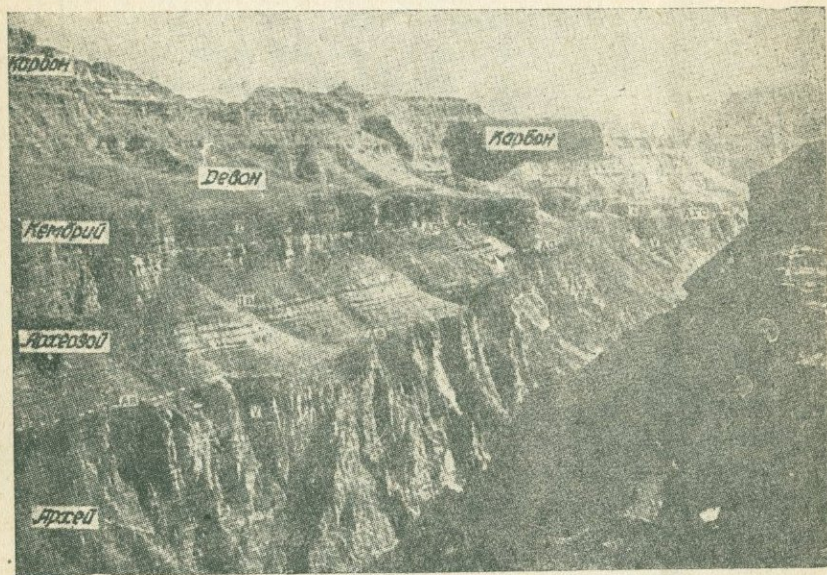


Рис. 187. Каньон р. Колорадо.

зонтально лежавшие, были смяты в складки, и нормальное залегание их превратилось в *нарушенное*. Горные породы собираются в складки там, где в земной коре действуют горообразовательные процессы, благодаря которым ровная земная поверхность превращается в горы.

Отсюда можно заключить, что после образования кристаллической земной коры в бассейне реки Колорадо начали действовать горообразовательные процессы, и на поверхности земли возникли горы, как это показано на рис. 190. Из того что складчатые гнейсы прорезаны жилами интрузивных пород, можно вывести, что после того как на данном участке кристаллической коры затихли горообразовательные процессы, произошло излияние из земных недр огненно-жидких магм; последние проложили себе ходы в гнейсах в виде обширных жил, представленных на профиле узкими полосами (рис. 191). Из того что интрузивные жилы образованы различными породами — гранитами, диабазами и пегматитами, причем одни жилы пересекают другие, можно сделать вывод, что извер-

жения и интрузии были одновременными и что пересекающие диабазовые жилы возникли позднее, чем пересекаемые ими жилы из гранита.

Кристаллические породы сильно собраны в складки. Лежащие выше земные пласты имеют наклонное положение, но лишены скла-

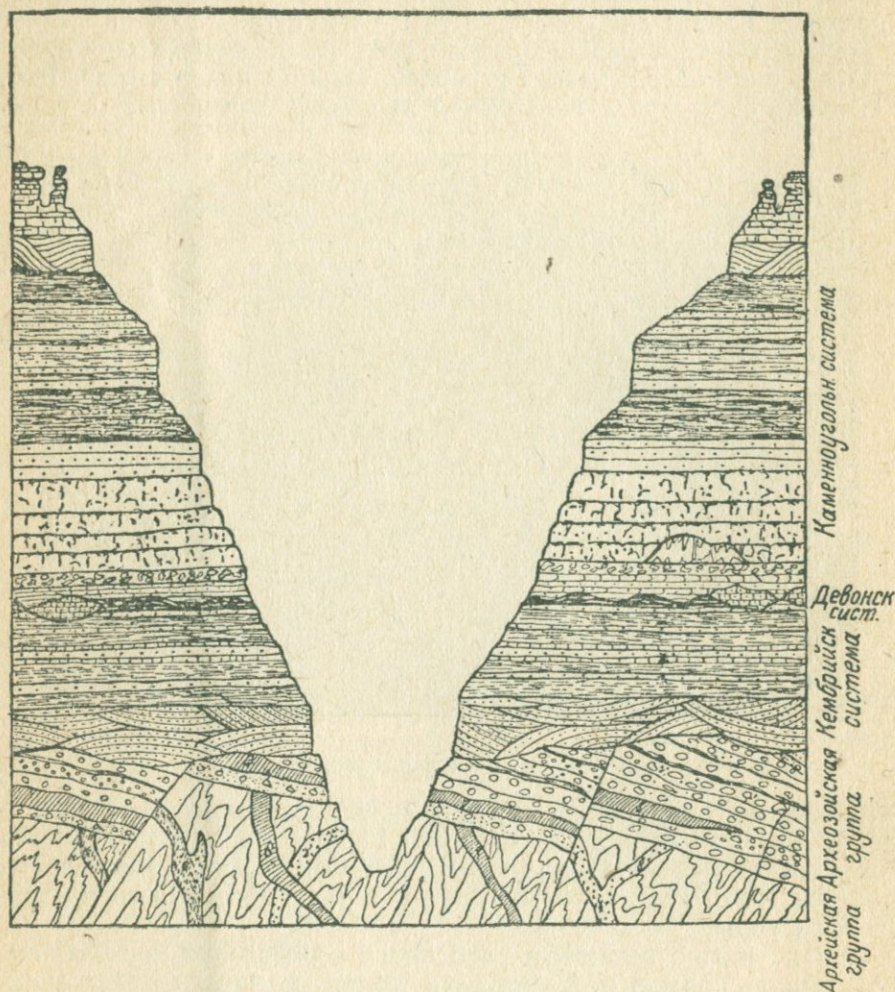


Рис. 188. Геологический профиль ущелья р. Колорадо.

γ — жилы гранита, κ — жилы пегматита, δ — жилы диабаз.

док. Такое различие в залегании соседних пластов называется несогласным залеганием, а линия соприкосновения между несогласно лежащими пластами — швом (см. рис. 188).

Возникновение складчатости горных пород сопровождается на земной поверхности образованием гор, как то показано на рис. 191. Если бы эти горы сохранились, то в линии шва между кристаллической корой и покрывающей ее вышележащей толщей

осадочных пород мы имели бы отражение рельефа этих гор, и линия шва имела бы извилистый характер. Но так как этого нет и линия шва приближается к прямой, обозначающей равнинную поверхность, то мы в праве заключать, что горы, существовавшие на поверхности кристаллической земной коры, исчезли (рис. 192). Исчезновение гор на земной поверхности происходит благодаря разрушающей деятельности ветра, льда, воды и является процессом очень длительным. Следовательно, между образованием кристаллической коры и отложением вышележащих пород протек длинный период времени, когда в данной местности не только не отлагалось каких-нибудь осадков, но наоборот, происходило разрушение образовавшихся ранее земных пластов. Несогласное напластование свидетельствует нам, кроме перерыва в напластовании слоев, еще и о сносе горных пород. Линия шва есть линия, обозначающая не только конечный рельефный профиль местности, образовавшийся в результате процессов разрушения суши, но она указывает еще на длинный промежуток времени, протекший с образования суши до покрытия ее осадками моря. Тонкая линия шва может обозначать периоды времени часто даже большие, чем периоды, потребовавшиеся для отложения мощных толщ осадочных пород.

Породы, лежащие в профиле выше шва, резко отличаются от состава пород кристаллической земной коры. Вместо кристаллических сланцев и гнейсов с интрузивными гранитами и пегматитами в вышележащих слоях встречаются аморфные известняки, мергели, глины, конгломераты, песчаники. Все эти породы принадлежат к осадочным породам и относятся к осадочной коре.

Начинается осадочная кора с толщи сланцевых красноцветных песчаников, заключающих слои известняка, мергеля, сланцев и конгломератов с пластом изверженного диабаз в нижней части толщи. Все эти горные породы лежат не горизонтально, а под некоторым углом, т. е. находятся в *нарушенном залегании*; кроме того пласты разорваны, и отдельные части одних и тех же пластов лежат на различных уровнях. Смещения земных пластов в вертикальном направлении, именуемые сбросами, происходят тоже при горообразовательных процессах; возникающие при этом на земной поверхности горы носят не складчатый, а массивный характер.

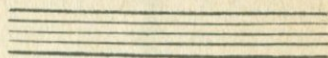


Рис. 189. Залегание слоев нормальное и согласное.

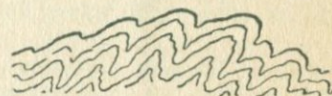


Рис. 190. Нарушенное залегание: слои собраны в складки.



Рис. 191. Складчатые слои прорезаны жилами изверженных пород.



Рис. 192. Складчатые горы уничтожены до основания.

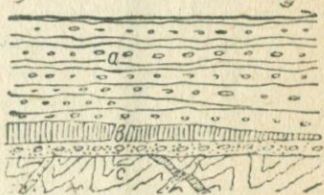


Рис. 193. Несогласное залегание песчаников *a* с пластом диабаз *b* на кристаллической земной коре *c*.

Из такого залегания самых нижних слоев осадочной коры и характера составляющих их пород можно заключить следующее. Надвинувшееся на кристаллические горные породы море было мелководным, и на дне его отлагались горизонтальными слоями прибрежные осадки и осадки мелкого моря (рис. 193). Во время отложения этих осадков на морском дне произошло излияние диабазовой лавы, образовавшей обширный лавовый поток — *b*. Поверх лавового потока отложились новые слои осадочных пород, в силу чего он оказался погребенным. После отложения этих слоев земная кора в данном месте подверглась изломам, по которым одни участки земной коры поднялись, а другие опустились, в силу чего на поверхности земли возникли массивные ступенчатые горы (рис. 194). Под влиянием горообразовательных процессов море отступило от данной местности, и прежнее морское дно превратилось в гористую сушу. Последняя подверглась действию наземных геологических процессов, горы постепенно исчезли, и рельеф земной поверхности приобрел слегка волнистые очертания (рис. 195).

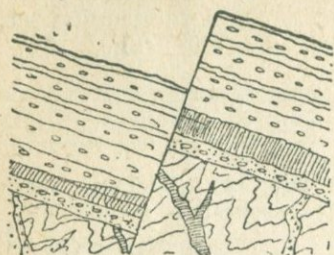


Рис. 194. Изломы и сбросы, происшедшие при образовании массивных гор.

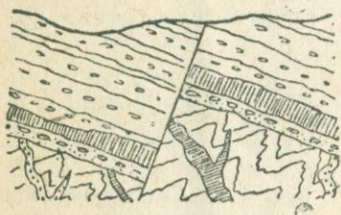


Рис. 195. Массивные горы уничтожены.

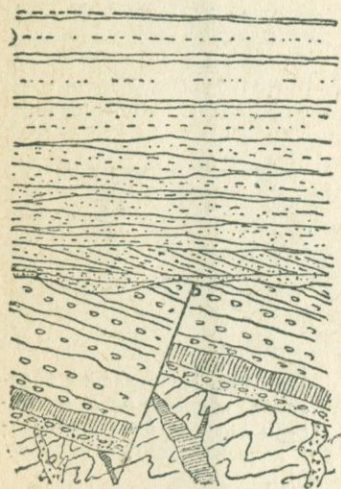


Рис. 196. Несогласное залегание пород палеозойской группы на археозойских породах.

Породы, залегающие выше самой нижней толщи осадочной коры, отделены от нее резко выраженным несогласным залеганием (рис. 196). Несогласное залегание снизу — в *лежачем* боку и несогласное залегание сверху — в *висячем* боку этой свиты пород позволяют выделить ее в самостоятельную группу пород, получившую название *археозойской*; это название указывает на то, что в слагающих эту группу пластах встречаются первые следы органической жизни на земле. В осадках, залегающих поверх археозойской группы и до самого верха профиля, остатки органической жизни встречаются уже в большом количестве. Большинство встречающихся в них организмов принадлежат к несуществующим ныне вымершим родам и видам, в силу чего эта группа пород получила название *палеозойской*, т. е. заключающей в себе остатки древней жизни.

Осадки палеозойской группы залегают трансгрессивно на археозойских породах, но на этот раз трансгрессия принадлежала не

водам океана, а «песчаному морю». На археозойскую сушу надвинулись массы континентальных эоловых песков, о чем можно судить по залегающей поверх археозойских пород толще красноцветных песчаников с характерной для дюн диагональной слоистостью.

Поверх эоловых песчаников в профиле видны зеленоватые сланцы и сланцеватые песчаники, постепенно переходящие кверху в известняки. Это опять морские осадки, хотя они и лежат горизонтально в нормальном залегании, как и подстилающие их континентальные песчаники, но тем не менее граница между ними сказывается очень резко: трансгрессировавшее море при своем наступлении смыло с поверхности суши часть континентальных наносов и превратило ее холмистую поверхность в равнину, поверх которой отложились морские слои. Здесь опять мы встречаемся с уничтожением части поверхности суши; граница между размытой поверхностью песчаников и лежащими выше морскими осадками есть также шов несогласного напластования, выраженный здесь только неясно, в силу того, что и вышележащие и нижележащие слои сохранили свое нормальное залегание. Подобное несогласное залегание называют *маскированным несогласием*.

Маскированное несогласие встречается еще раз несколько выше середины профиля. Выше и ниже шва располагаются здесь морские породы, известняки, залегающие совершенно горизонтально. Несогласное залегание сказывается в том, что линия шва между выше- и нижележащими известняками имеет извилистый характер и кроме того в ней местами попадаются обломки из уничтоженных пород, относящихся к девонской системе. Присутствие несогласного залегания указывает на то, что нижележащие известняки были после своего образования сушей, которая затем подверглась в значительной мере разрушению. Насколько период существования этой суши был продолжителен, можно судить по тому, что в течение его снесены земные пласты, отлагавшиеся в продолжение двух геологических периодов; от первого из них — силурийского — не осталось и следа, а от второго — девонского — уцелели лишь отдельные разрозненные участки горных пород. Линия шва заменяет здесь мощные толщи осадков двух геологических периодов. Надвинувшееся затем море отложило сверху мощную свиту известняков, песчаников, сланцев, конгломератов и опять известняков, занимающих верхнюю часть профиля и относящихся к каменноугольному периоду.

Перемежаемость глубоководных известняков с мелководными песчаниковыми отложениями указывает на то, что глубина этого моря неоднократно менялась.

Неоднократное нахождение в палеозойской группе несогласных напластований дает возможность провести в ней более дробные подразделения; еще более данных для этого дают заключенные в слагающих ее породах ископаемые остатки животного и растительного царства.

4. Окаменелости

Во многих местах среди осадочных пород встречаются остатки прежде живших растений и животных. Эти остатки называются *окаменелостями*. Чаще всего в качестве последних встречаются твердые скелетные части животных и наружные защитные покровы их, в виде костей, раковин, чешуй. Органическое вещество, слагавшее некогда эти части животных, в большинстве случаев полностью или частью вытеснено и заменено минеральным: углекислым кальцием, кремнеземом, окисью железа. В некоторых случаях минеральное вещество выполняет пустоты, образующиеся после гнивания органического вещества. Такого рода отливки внутренних частей животных и растений называются *ядрами*. В третьем случае сохраняются *отпечатки* на горной породе наружных покровов организмов, как например коры деревьев, листьев растений, перьев птиц или крыльев насекомых. В исключительных случаях сохраняются организмы полностью, со всеми своими твердыми и мягкими частями; примером такой удивительной сохранности является мамонт, найденный в мерзлой почве Сибири; чучело и внутренние органы его в консервированном виде хранятся в Зоологическом музее Академии наук в Ленинграде.

Окаменелости являются чрезвычайно важными документами для геологии. По ним мы узнаем развитие животного и растительного царства, по ним судим о физико-климатических условиях земного шара в прошлые геологические периоды, по ним реставрируем распределение материков и морей в различные моменты земной истории. Но самое важное — по окаменелостям мы устанавливаем хронологию земной истории и определяем время образования различных пластов земной коры.

Будучи немymi свидетелями совершавшихся событий в свое время, окаменелости являются красноречивыми документами для нас. «По ним, — по выражению одного ученого, — земля сама вела свой дневник».

5. Геологическая хронология

Изучая профиль земной коры, мы встречаемся в нем с наслоениями горных пород. Каждый слой в этом наслоении отлагался некогда на поверхности земли под покровом атмосферы или гидросферы. Каждый слой следовательно служил почвой, на которой произрастала растительность и которую попирали животные того времени. Остатки этих растений и животных — листья, плоды, стволы, кости, раковины или отпечатки их — были похоронены в этом слое и вместе с ним были покрыты другими слоями. Каждый слой служил могилой для органического мира своего времени, который сменялся последовательно со сменой слоев земли. Причем в наиболее глуболежащих слоях земли, и следовательно наиболее древних, погребены и более древние флора и фауна.

Изучая последовательно окаменелости от более древних слоев к более новым, мы замечаем, что одни из животных жили очень долго и встречаются во многих слоях. Такие животные называются *долговечными*, и для определения возраста земных слоев они ничего не дают. Наоборот, другие окаменелости встречаются в одном каком-нибудь слое вне зависимости от его протяжения или нахождения в том или другом месте земного шара. Такие окаменелости называются *руководящими*; они-то и служат указателями времени образования того или другого пласта. Изучая находки руководящих окаменелостей в полном или, как говорят, нормальном земном профиле, начиная с нижнего слоя к верхнему, устанавливают временную последовательность изменения руководящих окаменелостей. Найдя затем одну и ту же руководящую окаменелость в другом месте, в другом слое, возраст последнего приравнивают к возрасту слоя с данной окаменелостью в данном профиле. Слои, хотя бы образованные из различных пород и находящиеся в различных местах земного шара, но содержащие одни и те же руководящие окаменелости, считаются геологически одновременными и носят название *геологического горизонта*. Таким образом устанавливается возраст каждого слоя в земной коре и время образования всякой горной породы в любом месте земного шара.

По характеру окаменелостей всю земную кору делят на *пять групп*, границы которых в большинстве местностей совпадают с существованием несогласных залеганий между ними. Время, протекшее на образование каждой группы, называют *эрой*. Группа подразделяется далее на *системы*, последние на *отделы*, отделы на *ярусы*, ярусы на *зоны*. Время, пошедшее на образование системы, обозначается как *период*, на образование отдела — *эпохой*, яруса — *веком*, зоны — *хемерой*.

Каждая из этих единиц времени и подразделения земной коры носит особое название.

Название главных подразделений:

I. Архейская группа и эра			
II. Археозойская группа и эра			
III. Палеозойская группа и эра	{	Кембрийская	система и период
		Силурийская	" " "
		Девонская	" " "
		Каменноугольная	" " "
		Пермская	" " "
IV. Мезозойская группа и эра	{	Триасовая	система и период
		Юрская	" " "
		Меловая	" " "
V. Неозойская группа и эра	{	Третичная	" " "
		Четвертичная	" " "

Пользуясь этой хронологией, можно точно установить время

каждого из событий и явлений в земной истории, нельзя только сказать — сколько лет, столетий или тысячелетий продолжалось то или другое событие.

Каждый из вышеуказанных периодов продолжался огромный срок времени и продолжительность различных периодов не была одинаковой. Разные эры были различны по своей продолжительности в земной истории, точно так же различна и продолжительность геологических периодов, эпох, веков и хемер.

Судя по толщине отложившихся горных пород, можно сказать, что чем древнее геологическая единица времени, тем она продолжительнее, а по мере приближения к настоящему времени сроки этих временных дат уменьшаются.

Толщина земных слоев, отложившихся в различные эры, приблизительно измеряется в следующем виде:

Археозойская	38 000 м	Мезозойская	3000 м
Палеозойская	30 000 „	Неозойская	1000 „

Если принять скорость отложения земных пластов в различные эры одинаковой, то тогда по сравнению с временем неозойской эры мезозойская эра была продолжительнее в три раза, палеозойская в 30 раз и археозойская — в 38 раз.

Это очень грубые цифры, но они все-таки дают представление о том, что геологические обозначения не надо понимать в смысле обозначения количества времени. Геологическая хронология говорит лишь о последовательности событий и фактов в земной истории, но ничего или очень мало говорит об их продолжительности.

Отложения всех групп и почти всех систем, за исключением пермской и триасовой, можно проследить в геологическом профиле, проведенном от Финляндского кристаллического щита до Южно-Русского кристаллического щита по линии: Випури, Ленинград, Москва, Курск, Харьков, Азовское море (см. геологический профиль в конце книги).

6. Геологическая карта

Завершением геологического исследования каждой местности является составление *геологической карты*. Последняя служит наглядным графическим изображением результатов геологических исследований и, как всякое графическое изображение, проще и нагляднее представляет картину геологического строения, чем длинные описания.

Составляется геологическая карта следующим образом. На топографическую карту наносятся все наблюдаемые при геологиче-

ском обследовании местности выходы на поверхность отложений той или другой геологической системы, отдела, яруса или зоны. Чем крупнее масштаб топографической основы карты, тем более подробно и тем более мелкие геологические подразделения возможно нанести на карту.

Соединяя линиями места обозначений выходов пород одной и той же системы, отдела, яруса или зоны, мы очерчиваем границы распространения синхроничных образований. Закрашивая определенными красками пространство в границах каждого из устано-

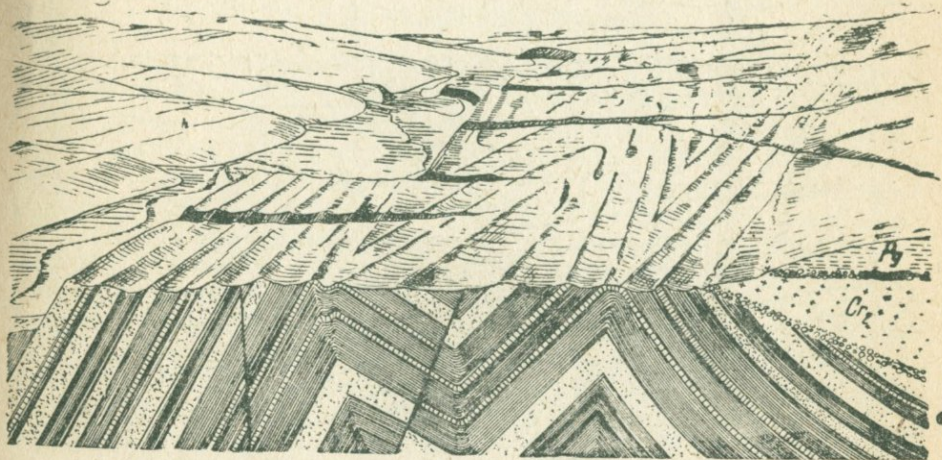


Рис. 197. Вид с птичьего полета на северо-западную часть Первозвановского планшета (Донецкий бассейн). Передняя сторона — меридиональный геологический разрез (по П. И. Степанову).

вленных образований, мы получаем изображение на карте площадей распространения тех или других систем и более дробных подразделений пластов земной коры. Так например зеленые пятна на геологической карте Русской равнины показывают распространение отложений меловой системы, синие — юрской и т. д. Но в отличие от геологического профиля, который дает нам представление о вертикальном залегании земных пластов, на геологической карте земные пласты изображаются в горизонтальном направлении, причем, следовательно, можно обозначать только самый верхний из пластов, слагающих земную кору в данной местности.

Прилагаемые рис. 197 и 198 иллюстрируют различие между изображением земных пластов в геологическом профиле и на геологической карте. В них только краски, которыми обычно обозначаются на геологических картах различные по возрасту земные пласты, заменены значками.

На картах крупного масштаба поверх краски, обозначающей время образования тех или иных отложений, условными значками наносится состав слагающих их горных пород, например: точками обозначаются пески, кружками — конгломераты, параллельными

линиями, подразделенными вертикальными черточками на прямоугольники — известняки и т. д.

Точно так же особыми значками показываются местонахождения полезных ископаемых, линиями и стрелками — простираение и падение слоев и др.

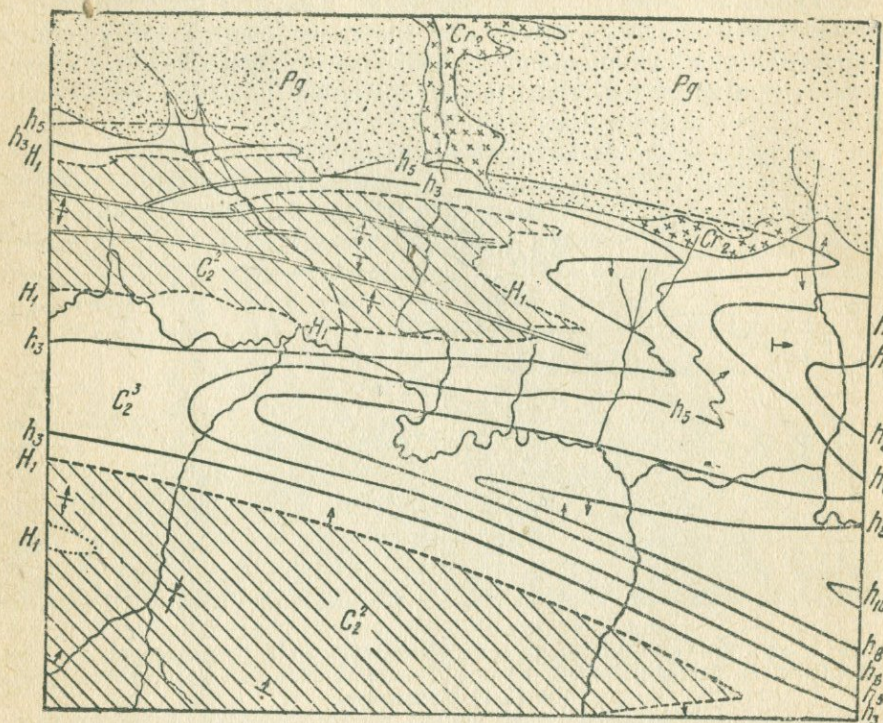


Рис. 193. Геологическая карта северо-западного угла Перовского планшета.
Масштаб 1 д. = 1 1/2 в.

Pg — отложения палеогена (третичная система); Cr_2 — отложения верхнего отдела меловой системы; C_2^3 — отложения верхнего яруса среднего отдела каменноугольной системы; C_2 — отложения среднего яруса среднего отдела каменноугольной системы; $H-h$ — различные горизонты каменноугольной системы, содержащие пропластки с каменным углем; — линия, показывающая простираение пластов; \nearrow — стрелки, показывающие направление падения пластов. Карта составлена как по обнажениям в берегах рек и оврагов, так и по гривкам, представляющим выступы на поверхность земли сравнительно труднорастворимых пластов известняка и песчаников.

Благодаря всем этим обозначениям геологическая карта дает возможность не только разбираться в геологическом строении местности, но и позволяет пользоваться ею для практических целей — получать сведения о встречающихся в данной местности полезных ископаемых: где искать например каменный уголь, железные руды или поставить разработки на строительные материалы.

ХIV. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ

1. Архейская группа

Архейская группа обнажается в Финляндии, Карелии, Лапландии, в Южно-Русском кристаллическом щите и в восточной Сибири. Породы, слагающие ее, были описаны в главе о кристаллической коре.

2. Археозойская группа

Археозойская группа в Америке носит название *альгонкской*, а в Финляндии — *докембрийской*. В пределах СССР она встречается в Карелии, в Лапландии, в области Южного кристаллического щита и в Сибири; кроме того породы этой группы были встречены в Курской и Воронежской области буровыми скважинами на глубине около 200 м. В силу очень большой древности слагающих ее пород и изменения последних под влиянием горообразовательных процессов, породы ее носят характер сланцев — кварцитовые, хлоритовые, глинистые, тальковые, доломитовые и другие сланцы. Последние собраны сильно в складки и прорезаны выходами многочисленных интрузивных пород. Органических остатков в отложениях этой системы в СССР не найдено, но в других странах, например, в Америке, в них встречены очень редкие и скудные окаменелости, принадлежащие к очень низко организованным животным.

Из полезных ископаемых в этой группе встречаются железные руды, например около г. Курска, на границе Днепропетровщины и Херсонщины около с. Кривой Рог. В Восточной Сибири в сланцах археозойской группы находится золото.

3. Палеозойская группа

Кембрийская система

Буровые скважины в Ленинграде обнаружили, что непосредственно на архейские гнейсо-граниты налегает голубовато-зеленая пластичная глина, с которой начинаются в земной коре палеозойские отложения. Она составляет самый нижний слой палеозойских пород, называемых кембрийскими отложениями. Километров на двадцать южнее Ленинграда и затем в Эстонии кембрийская глина выходит непосредственно на поверхность. Несмотря на тщательные поиски, в ней найдены лишь скудные остатки органической жизни, свидетельствующие, что животное царство в том море, в котором отлагалась синяя глина, было еще бедно по сравнению с более поздними периодами. Из животных остатков в синей глине удалось найти ядра корненожек, очень плохо сохранившего роговую раковину плеченогого *лингуля* (рис. 199), зубы морских червей и один вид вымерших ракообразных — *трилобитов*.

лись еще в археозойский период, встречаются в кембрийских отложениях, но особенно сильно размножаются в силурийское время, когда они были самыми распространенными жителями моря. Свое название трилобиты, т. е. трехлопастные, получили от того, что их наружные панцыри, состоящие из целого ряда сегментов, в продольном и поперечном направлениях делились на три части; в поперечном направлении их панцырь распадается на головной щит, грудь, состоящую из нескольких сегментов, и хвостовой щит. Каждая из этих частей в продольном направлении делилась на центральную часть и две боковых лопасти (рис. 203). Трилобиты обладали способностью свертываться в клубок, и многие формы их найдены в свернутом состоянии. Распиливая такие свернутые



Рис. 201. Оболос.

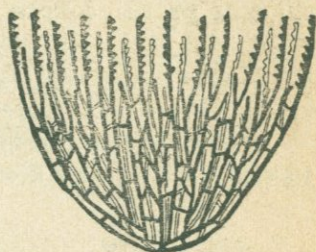


Рис. 202. Диктионема.

формы на очень тонкие пластинки и рассматривая последние под микроскопом, удалось обнаружить их конечности. Оказалось, что под головным щитком спереди находились 2 сяжка или антенны, около рта 4 пары ногочелюстей, а под остальными сегментами туловища и хвостового щитка трилобиты были снабжены членистыми двухветвистыми ножками, из которых наружные с волосками и жабрами были приспособлены для дыхания и плавания, а внутренние с коготками на концах — служили для хождения.

По своему строению трилобиты ближе всего подходят к современным мечехвостным ракам, живущим на тихоокеанском побережье Азии, Северной Америки и в Малайском архипелаге. Археоциаты, как показывает само название, — древние бокалы, морские животные бокалообразной или чашеобразной формы с двойными известковистыми стенками и центральной полостью, проходящей до основания тела. Как наружная, так и внутренняя стенки были пронизаны отверстиями. По образу жизни это были сидячие жи-

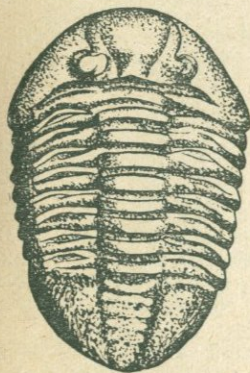


Рис. 203. Трилобит азафус.



Рис. 204. Археоциат. *Coscinoscyathus* (кембрий).

вотные, прикреплявшиеся к камням длинными волокнами наподобие корней (рис. 204).

Нахождение в разных странах мощных толщ кембрийских известняков, сложенных сплошь из скоплений археоциат, указывает на то, что эти животные были первыми рифообразователями.

Археоциаты не укладываются ни в один из известных классов животных: они напоминают несколько по форме губки и кораллы,

но имеют резкие отличия от того и другого класса. Очень может быть, что они пошли от одного общего губкам и кораллам корня, но представляют совершенно обособленную ветвь животного царства, жившую только в кембрии.

Из растительного царства в кембрийских отложениях известны только морские водоросли. Материки кембрийского времени были лишены растительного и животного царства.

Силурийская система

В разрезах многочисленных рек в Ленинградской области можно видеть, как кембрийская глина, оболочный песчаник и дик-

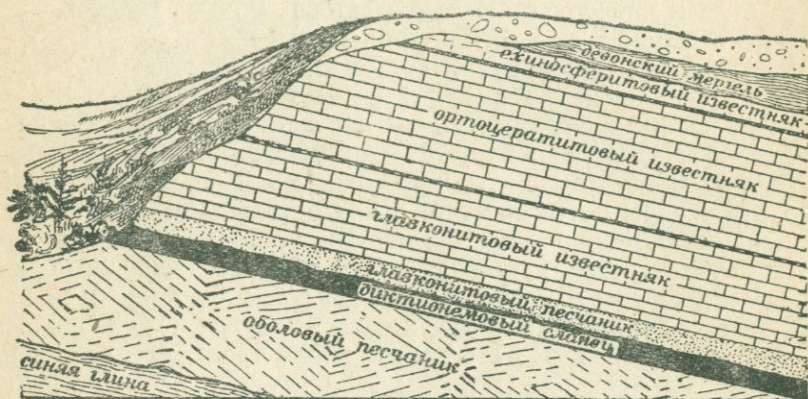


Рис. 205. Геологический профиль.

тинометовый сланец сверху прикрываются отложениями следующей — силурийской — системы (рис. 205).

Последняя начинается с тонкого пласта зеленоватого главконитового песчаника (с зернами минерала главконита), поверх которого залегают главконитовый известняк, переходящий кверху в ортоцератитовый известняк, получивший свое название по имени встречающегося в нем головоногого моллюска ортоцерас (рис. 206).

Еще выше ортоцератитового известняка лежит слой эхиносферитового известняка с остатками иглокожего эхиносферита (рис. 207). Общая толщина этих известняков достигает 30—40 м.

Силурийские отложения значительно богаче представителями животного царства по сравнению с кембрийским, и число известных ископаемых из силурийских слоев достигает 10 000 видов. Почти все классы беспозвоночных животных появляются в силурийский период, из этого же времени известны первые позвоночные — рыбы.

Наиболее распространенными жителями силурийского моря были ракообразные — трилобиты и головоногие моллюски — ортоцерасы.

Близко к трилобитам стоит еще и другой порядок силурийских раков, представленный *эвриптерусом* (рис. 208) и *птериготусом*, достигавшим для ракообразных гигантских размеров — до 1 м в длину. В ископаемом состоянии прекрасно сохранились не только верхние известковые панцыри их, но и нижние хитиновые покровы, одевавшие этих раков с нижней стороны.

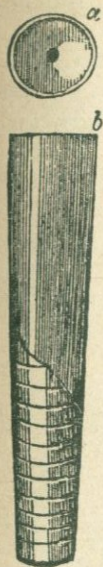


Рис. 206. Ортоцерас (*Orthoceras regulare*).
а — вид сверху
б — вид сбоку.

За ракообразными по распространенности в силурийском море следуют головоногие моллюски. Рис. 209 изображает раковину *ортоцераса* («прямой рог») палкообразной формы, разделенную вогнутыми поперечными перегородками на камеры, пронизанные общим каналом, называемым *сифоном*. О внутренней организации этих животных мы можем судить по единственному дожившему до настоящего времени близкому их родственнику — *наutilusу*, или *кораблику*; в отличие от *ортоцераса* *наutilus* имеет свернутую раковину (рис. 210). Животное помещается в передней камере и по мере своего роста надстраивает свою раковину новыми камерами.

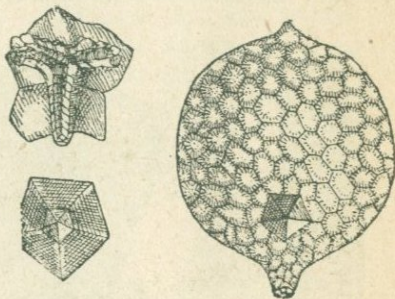


Рис. 207. Эхиносферит.
Налево наверху увеличенное ротовое отверстие, а внизу пятигранная пластинка, прикрывающая заднепроходное отверстие.

По своей организации головоногие являются наиболее развитыми из всех моллюсков: они имеют голову, в которой скопление нервных узлов образует зачаток мозга. Большие глаза, расположенные по обеим сторонам головы, почти так же хорошо развиты, как глаза позвоночных. Хорошо развиты органы питания, кровообращения, размножения. Спереди кругом головы расположены хватательные придатки, или руки, которые одновременно служат и для ходьбы и для плавания; поэтому эти придатки с таким же правом могут быть названы и ногами. Отсюда пошло и самое

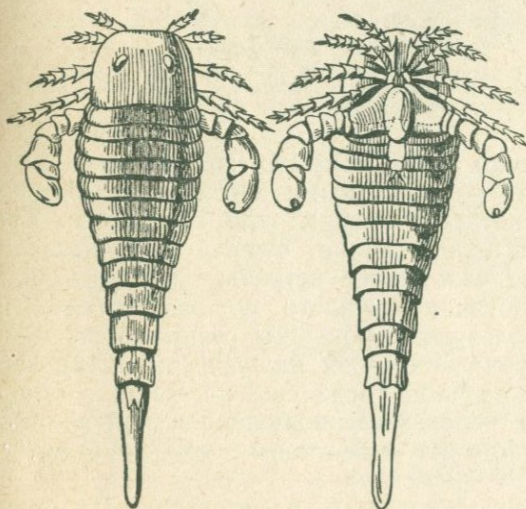


Рис. 208. Эвриптерус.
Вид сверху и снизу. (Из силурийских отложений острова Эзеля.)

развитыми из всех моллюсков: они имеют голову, в которой скопление нервных узлов образует зачаток мозга. Большие глаза, расположенные по обеим сторонам головы, почти так же хорошо развиты, как глаза позвоночных. Хорошо развиты органы питания, кровообращения, размножения. Спереди кругом головы расположены хватательные придатки, или руки, которые одновременно служат и для ходьбы и для плавания; поэтому эти придатки с таким же правом могут быть названы и ногами. Отсюда пошло и самое

название головоногих. В большом количестве развивается в силурийском море тип иглокожих.

Древнейшими формами из них являются *цистоидеи* — морские яблоки. По внешнему виду они напоминают часть морских лилий, частью морских ежей. Наиболее характерным представителем является *эхиносферит* (см. рис. 207), служащий руководящей формой для силурийских отложений. Отросток сверху, который можно было бы принять за стебель, на самом деле представляет рот.

Наряду с морскими яблоками в силурийских отложениях встречаются настоящие *морские лилии* (рис. 211). Это были неподвижные животные, прикреплявшиеся к морскому дну при помощи стебля, сложенного из известковых члеников наподобие столбика

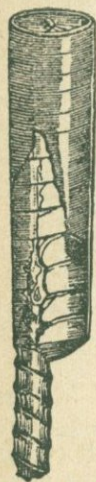


Рис. 209.
Ортоцерас
дуплекс.

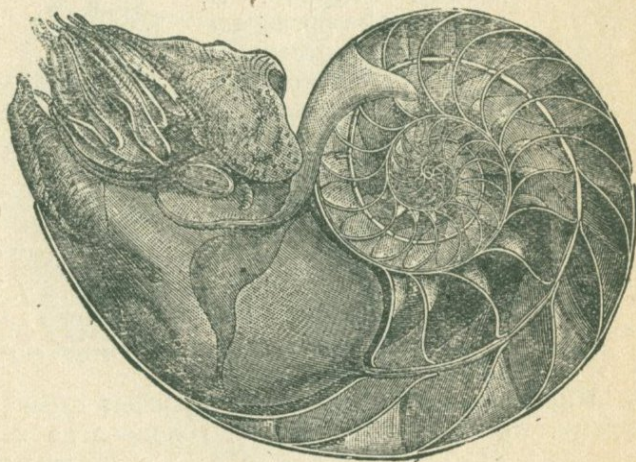


Рис. 210. Кораблик с раковинкой, разрезанной пополам в продольном направлении.

В передней части раковины помещается тело животного с головой, снабженной глазами и хватательными органами — „руками“. В задней части раковины пустые камеры с сифоном.

из монеток. Чашеобразное тело лилий покрыто известковыми пластинками и снабжено сильно расчлененными ветвистыми придатками, служившими для нагнетания воды к телу животного. Все животное очень похоже на цветок лилии, отчего их и назвали морскими лилиями. Морские ежи также встречаются в силурийских отложениях, но в противоположность морским лилиям и морским яблокам они не пользуются большим распространением.

Часто попадаются в силурийских слоях *мшанки* (рис. 212). Настоящих, строящих рифы, кораллов тогда еще не было; в большинстве случаев это были небольшие, полушаровидной формы колонии животных, состоящие из известковых трубочек червеобразной формы.

Из плеченогих (моллюскообразных) распространены роды *ортис* (рис. 213, 214), *ортизина* (рис. 215) и *ликофория* (рис. 216).

Очень интересным является еще один порядок животных, появившихся на границе кембрия и силура и затем вымерших в по-

следующий девонский период. Это так называемые *граптолиты*, или писанные камни. Животные эти принадлежат к тому же классу, что и гидромедузы. Свое название они получили от черных хитиновых остатков своего скелета, похожих на штрихи, сделанные пером (рис. 217).

Кроме того в силурийских отложениях найдены остатки позвоночных, именно низшие рыбы из отряда *селахий*, близкие к современным акуловым и скатам; так как эти рыбы обладали хрящевым скелетом, который в ископаемом состоянии не сохраняется, то от этих рыб найдены только зубы. Судя по величине последних, селахии

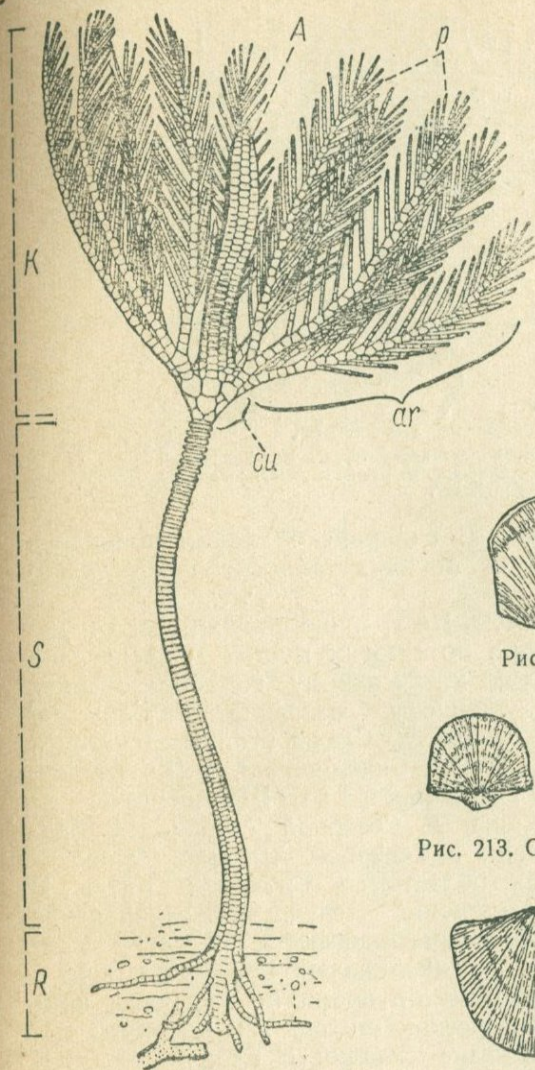


Рис. 211. Морская лилия.



Рис. 212. Мшанка монтикулипора.



Рис. 213. Оргис обгуза. ■ Рис. 214. Оргис парва.

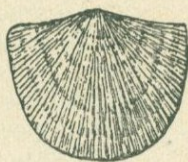


Рис. 215. Оргизина.



Рис. 216. Ликофория.

уже в силурийский период достигали больших размеров и были самыми страшными хищниками моря.

Кроме селахий в верхне-силурийских отложениях найдены особые панцрные рыбы, подобных которым не встречается среди современного рыбного царства. По своей форме они так мало похожи на настоящих рыб, что первоначально были описаны как ящеры. Они были лишены внутреннего костного скелета, и все

тело их было заключено в толстом наружном панцире из костных чешуй, плотно прилежавших друг к другу.

Из современных обитателей суши в силурийских отложениях найден скорпион (рис. 218 и 219), который тогда однако был жи-

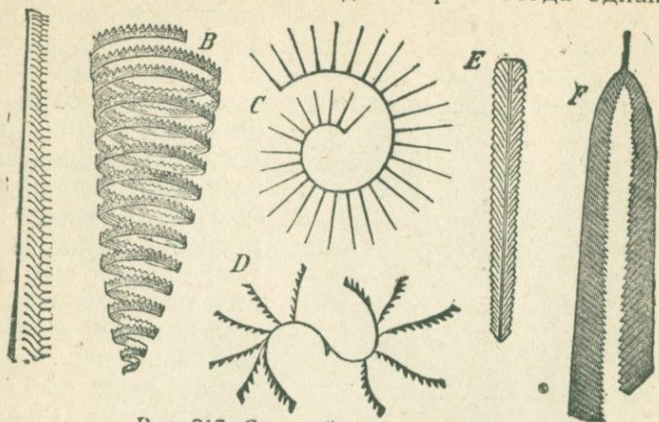


Рис. 217. Силурийские граптолиты.

A — *Graptolithes priodon*; B — *Graptolithes turriculatus*; C — *Rastrites* Linnei; D — *Coenograptus gracilis*; E — *Diplograptus palmens*, F — *Diplograptus Murchisoni*.

телем моря и дышал жабрами. В силурийское время появились первые материковые растения из порядка тайнобрачных — древесные папоротники.

Горообразовательные процессы. На границе силурийского и девонского периодов земная кора во многих местах подвергалась

очень интенсивному горообразованию, получившему название каледонской складчатости. Следы этой складчатости имеются в Скандинавии, в Шотландии, в Гренландии, на Шпицбергене, на Тимане, в Северной Африке, в Бразилии, в Северной Америке (Аппалачская область), в Сибири и Китае. В большинстве случаев каледонские складки располагаются на месте древних геосинклиналей, возникших еще в археозойское время по окраинам кристаллических щитов. Так например каледонские складки в Скандинавии лежат на западной окраине Скандинавского кристаллического щита в так называемой грампианской геосинклинали; в восточных Саянах, на Алтае, в Куз-

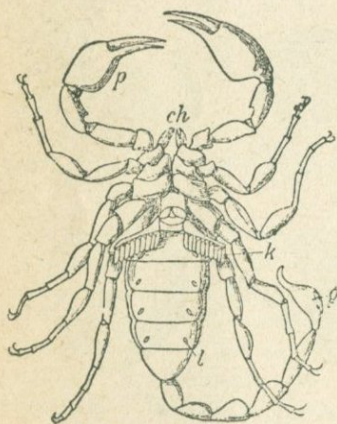


Рис. 218. Современный скорпион.

нецком Ала-тау — в области северо-азиатской геосинклинали по южной окраине Сибирского щита и т. д.

Девонская система

На речке Поповке под г. Слуцком видно, как силурийские известняки прикрываются доломитизированными известняками

девонской системы (см. рис. 205). Породы последней системы широко распространены по югу и юго-западу Ленинград-

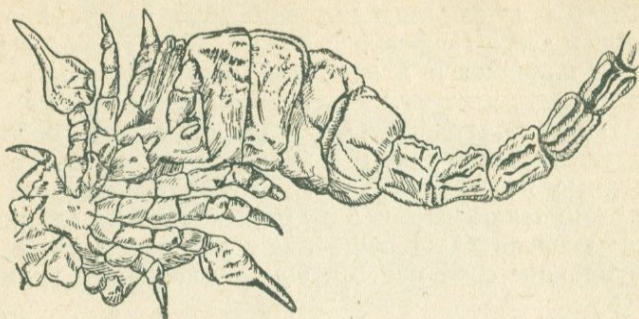


Рис. 219. Силурийский скорпион (*Palaeophonus nuntius*).

ской и Северо-западной областей, в Псковском, Новгородском, Витебском и Смоленском округах; кроме того они встречаются и на севере, в восточной части Карелии. Карта (рис. 220) показывает область распространения девонского моря в Европейской части СССР.

Толща отложенных девонской системы в северо-западной части СССР по составу слагающих ее пород делится на три яруса: нижний — из красноцветных песчаников, средний — из доломитизированных известняков и верхний — опять из красноцветных песчаников (см. геологический профиль).

Ярус нижних красноцветных песчаников занимает по преимуществу Ленинградскую область. Прекрасные разрезы этих песчаников с типичной

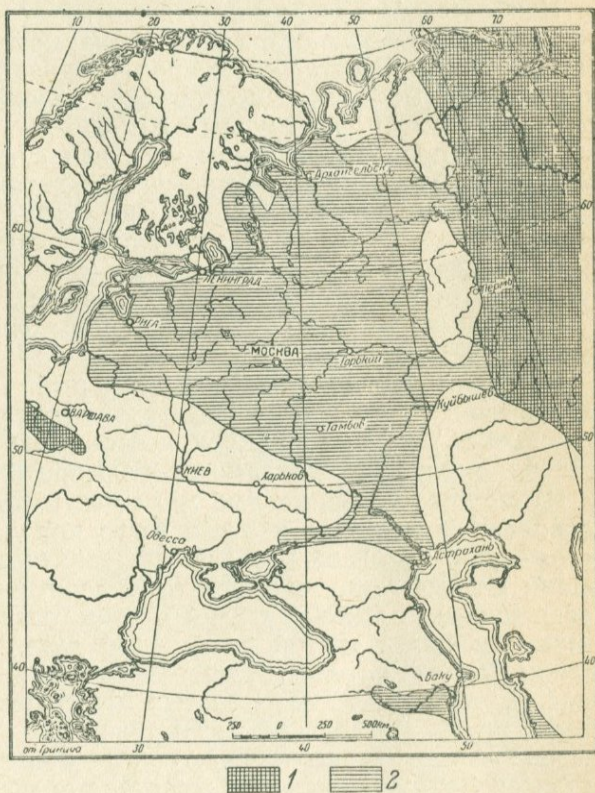


Рис. 220. Распространение моря в девонский период в Европейской части СССР. Масштаб 1:40 000 000. По Карпинскому.

1 — бассейн всего девонского периода; 2 — средне- и верхне-девонский бассейн.

для них диагональной слоистостью можно видеть по рекам Оредежу и Луге.

На нижние красноцветные песчаники налегают доломитизированные известняки, занимающие западную часть Новгородского района и почти всего Псковского округа. В восточной же половине Новгородского района и в западной части Калининской области распространены ярус верхнего красноцветного песчаника.

Красноцветные песчаники представляют собой породу, образовавшуюся на материке и в мелководной части моря, а доломитизированные известняки являются чисто морскими осадками. Из этого можно заключить, что в девонское время северо-западная часть СССР сначала была сушей, которая затем была затоплена морем, уступившим свое место в конце девонского времени опять суше.

В морских девонских отложениях встречается обильная фауна. Существуют все классы животных, появившиеся раньше, но некоторые из них сокращаются в своем числе, другие же, наоборот, увеличиваются. Кроме того появляются и новые формы, не встречающиеся среди осадков силурийской системы.

Наиболее распространенные животные силурийского моря, трилобиты, в девонских отложениях попадаются реже; среди них выделяется по распространению род *факопс* (рис. 221, 10). Среди головоногих моллюсков в девонских отложениях развивается семейство *гониятит* из группы *аммонитов*. Гониятиты обладают еще очень простым рисунком шва, или сутурной линии, образуемой соприкосновением внутренних камерных перегородок с наружной раковиной (см. рис. 221, 16—19). Очень часто встречаются кораллы (см. рис. 221, 9—15), из них некоторые, как например туфелькообразный коралл *кальцеоля* (см. рис. 221, 13), служит руководящей окаменелостью для слоев среднего девона.

Из плеченогих распространены роды *спирифер* и *ринхонелля* (см. рис. 221, 2—8).

Особенно многочисленны остатки рыб. Панцырные рыбы, появившиеся в силуре, в девонских отложениях встречаются в большом количестве. Часть их из моря переселилась в пресноводные бассейны, и они нередко попадают среди континентальных отложений.

Примером панцырных рыб может служить *птерихтис* (рис. 222), появившийся в силуре и очень часто попадающийся в девонских отложениях. Головной панцырь у птерихтиса приплюснутый и покатый; парные глаза, окруженные склеротическим кольцом, как у появившихся позднее рептилий и птиц, очень сближены, и между ними помещался третий зачаточный глаз. На нижней стороне головы имелось ротовое отверстие. Панцырь, прикрывающий туловище, состоял из костных толстых пластинок, плотно прилежавших друг к другу. В передней части туловища по бокам прикреплены ластообразные придатки, заключенные снаружи также в костяные футляры. Этими придатками животное пользовалось, повидимому, не только для плавания, но и для хождения по дну озер. Задняя половина туловища также была покрыта костными чешуями.

Следующий класс рыб, появившихся в девонское время, — *кистеперые* рыбы — еще ближе приближается по строению своего тела

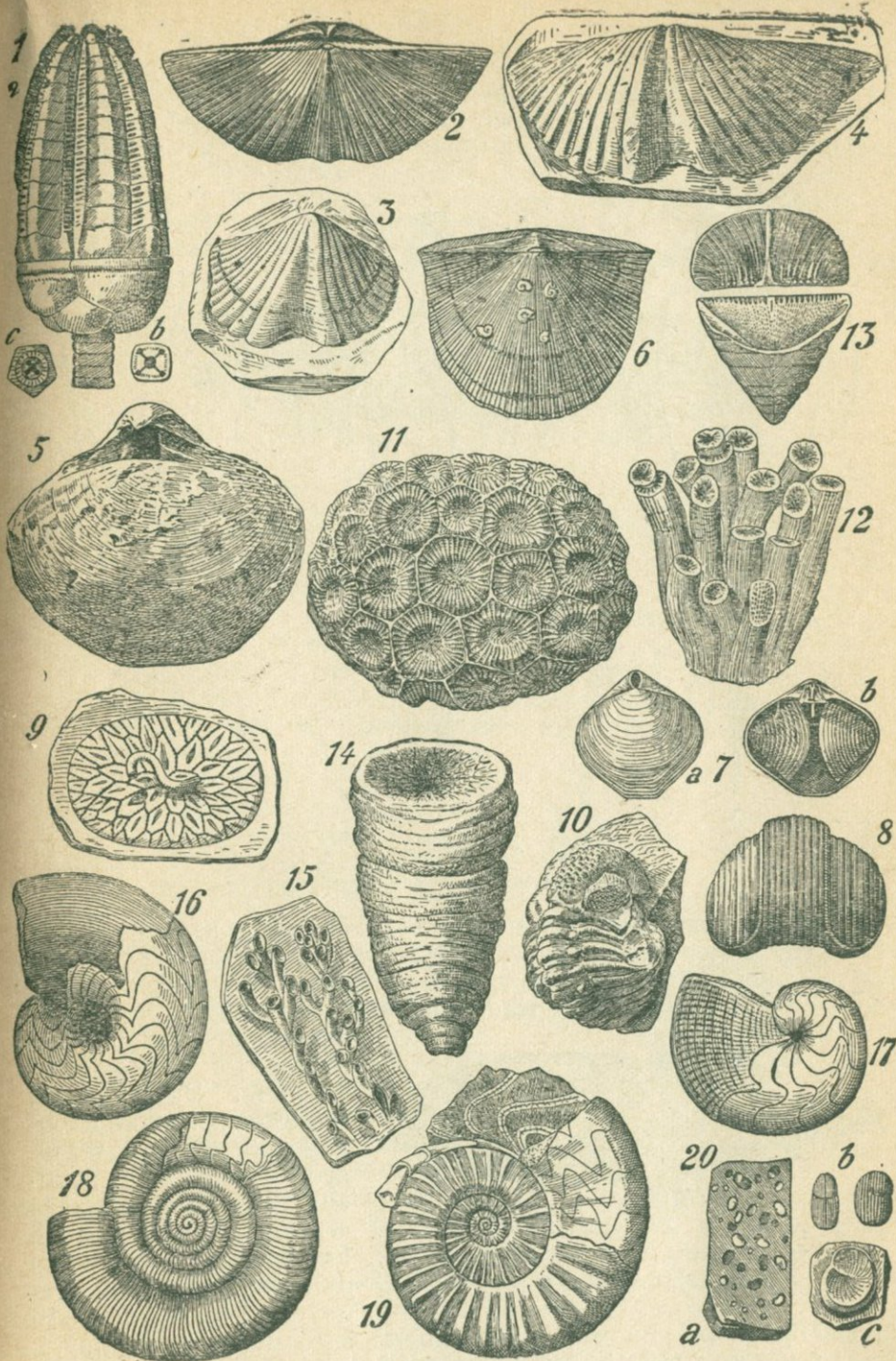


Рис. 221. Окаменелости девонского периода.

1 — морская лилия — *Cyprosericus crassus*. Плеченюгие: 2 — *Spirifer verneuilli*; 3 — *Spirifer carinatus*; 4 — *Spirifer hercyniae*; 5 — *Stringocephalus burtini*; 6 — *Orthotheses umbraculum*; 7 — *Athyris concentrica*: а — наружный вид, б — внутреннее строение; 8 — *Rhynchonella cuboides*; 9 — *Pleurodictyum problematicum*; 10 — Трилобит *Phacops latifrons*. Кораллы: 11 — *Cyathophyllum helianthoides*; 12 — *Cyprosericus crassus*; 13 — *Aulocera*; 14 — *Cyprosericus crassus*; 15 — *Rhynchonella cuboides*; 16 — *Ammonites*; 17 — *Ammonites*; 18 — *Ammonites*; 19 — *Ammonites*; 20 — *Ammonites*: а — наружный вид, б — внутреннее строение, в — внутреннее строение.

к современным рыбам. В строении черепа этих рыб, сложенного из костных пластинок, находятся все части, соответствующие костям черепа появившихся значительно позднее амфибий (земноводных), пресмыкающихся и высших позвоночных животных. На

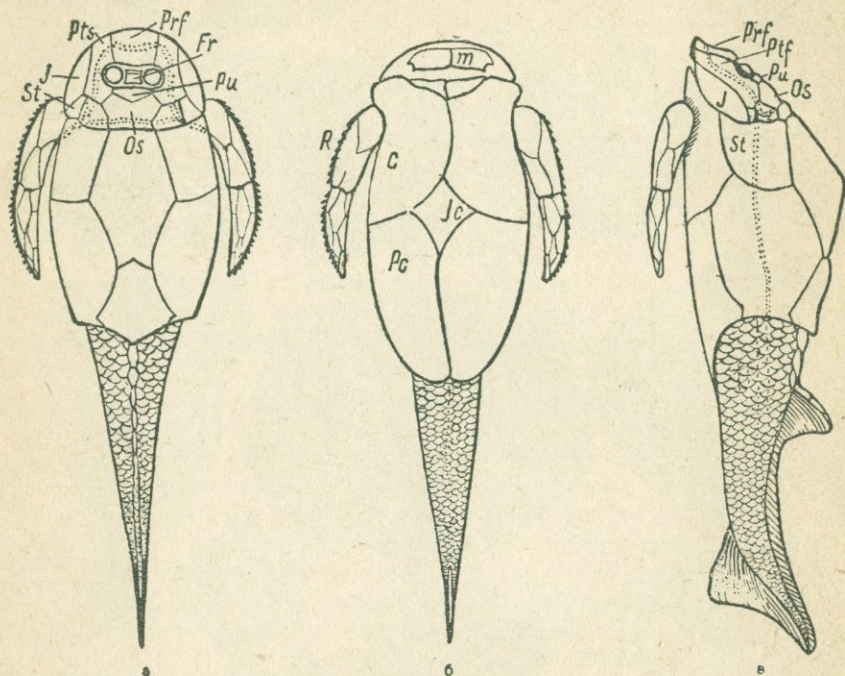


Рис. 222. Птерихтис.

a — вид со спинной стороны, *б* — с брюшной, *в* — сбоку.

рис. 223 изображена наиболее часто встречающаяся из них — голоптихиус. Их скелет уже полностью окостеневает. Теменное отверстие исчезает; появляются парные грудные и брюшные плавники, насаженные на выдающиеся из тела костяные конечности, имеющие

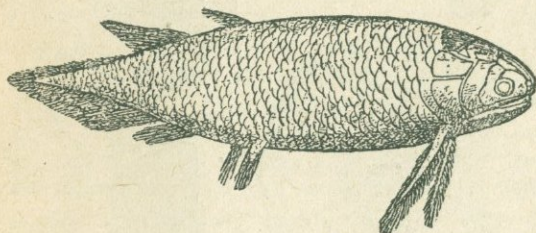


Рис. 223. Голоптихиус.

форму лопасти и усаженные с поверхности чешуями. Наблюдалось, что ныне живущий потомок этих рыб — полиптерус — стоит на дне водоема, опираясь на концы передних конечностей. Кистеперые снабжены настоящими зубами. Тело их было покрыто

крупными костяными чешуями, которые налегают друг на друга, но не сливаются вместе, как у панцирных рыб.

Мелководные озера, в которых жило большинство девонских рыб, расположенные внутри материков, должны были часто пересыхать. Есть много данных предполагать, что в девонское время

во многих местах на материках был сухой пустынный климат. Реки и озера пустынь очень непостоянны. Хорошим примером могут служить современные австралийские реки, или крики. Один из старых путешественников по Австралии, Эйри, нанес на карту большое подковообразное озеро Торренс. В середине прошлого столетия целый ряд путешественников прошел по местности, где должно было быть это озеро, не замочив ног. В 1867 г. это озеро на географических картах изображено было вновь, в виде сети



Рис. 224. Цератодус.

мелких озер. По свидетельству немецких миссионеров, эта озерная область есть сухая дельта р. Куперкрика. Явление это было разъяснено Гойдером, который наблюдал, как после сильных дождей в марте месяце 1860 г. крик наполнился пресной водой, и там, где Эйри встретил озеро, образовалось целое море. Впадающий в него крик был глубок и имел 450 м ширины. При втором посещении Гойдером этой местности большая часть озера превратилась в сухую покрытую илом поверхность, и мелкие рукава реки совершенно иссыкли. Точно так же меняются очертания и дно озера Лоб-Нора. Никто бы не узнал в бассейне, снятом под этим именем в 1885 г. Пржевальским, того озера, которое нашел там в 1896 г. Свен Гедин.

Таким же непостоянством обладали реки и озера девонской пустыни. Жившим в них рыбам неоднократно грозила опасность вымереть при высыхании обитаемых ими водоемов; это и случилось с большинством девонских рыб. Но некоторые из них выжили, благодаря оригинальному приспособлению к условиям существования не только в воде, но и на суше. Как этого они достигли, можно судить по потомку этих рыб — цератодусу, живущему и ныне в криках Австралии (рис. 224). Пока цератодус живет в воде, он дышит, как все рыбы, жабрами, но как только реки высыхают — он переходит на прообраз легочного дыхания, для чего пользуется плавательным пузырем, имеющим, у него ячеистое строение и снабженным многочисленными кровеносными сосудами. Такого рода рыбы называются *двоякодышащими*. Они обладают очень характерными зубами, в виде пластинок гребенчатой формы (рис. 225).

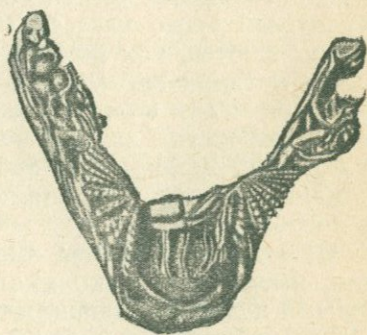


Рис. 225. Нижняя челюсть двоякодышащей рыбы с двумя гребенчатыми зубами.

Первые остатки таких зубов двоякодышащих рыб найдены в девонских отложениях; это свидетельствует, что в этот период совершился среди животного царства переход от жаберного дыхания к легочному. Девонские двоякодышащие рыбы очень близки по своей организации к кистеперым рыбам.

Материковый мир животных в девонское время ознаменовался появлением *земноводных* (*амфибий*). Как мы уже видели, пересыхание девонских рек и озер привело к тому, что часть рыб, живущих в периодически испаряющихся водах, приспособилась к жизни вне воды путем частичного перехода на прообраз легочного дыхания. Двоякодышащие рыбы были первыми земноводными позвоночными жителями материков. Повторявшееся пересыхание водных бассейнов привело к тому, что некоторые из девонских рыб покинули свой рыбий образ и превратились в настоящих земноводных. Что переход к амфибиям совершился именно через рыб, на это указывает большое сходство как в строении тела, так и в образе жизни этих животных. Многие панцирные и кистеперые рыбы пользовались своими веслоногими конечностями для ходьбы по дну бассейнов. Вылезши на сушу, они еще больше использовали эти органы для передвижения и постепенно превратили их в ноги. Первые амфибии были, так же как и рыбы, покрыты костными чешуями, которые на голове соединялись в сплошной панцирь. Последний, срастаясь с хрящевой черепной коробкой, образовывал прочный череп, у древнейших амфибий очень схожий с черепом кистеперых рыб (рис. 230); в личиночной стадии амфибии имели хорошо развитые жабры, отверстия которых в виде жаберных щелей сохранялись и у многих взрослых представителей этого класса. Дошедшие до нашего времени амфибии размножаются, как размножались и их предки, подобно рыбам — путем метания икры. Глаза у амфибии были окружены таким же склеротическим кольцом, как у кистеперых рыб, на черепе имеется также отверстие для теменного глаза, зубы у низших амфибий складчатой формы, как зубы голоптихиуса. Точно так же много сходного между амфибиями и рыбами в строении костей скелета и позвонков.

Остатки древнейших амфибий, найденных в девоне в Гренландии, имеют настолько много общего в строении черепа с кистеперыми и двоякодышащими рыбами, что их называли *ихтиостегалия*, что значит рыбо-амфибия.

Флора девонского времени еще очень скудна. В морских отложениях встречаются водоросли из семейства *фукоидных*, а из континентальных известны немногочисленные *папоротники*, предки *плауновых*, *хвощей*, и *кордаитовые* деревья, вероятные родоначальники хвойных.

Каменноугольная система

Близ гг. Боровичей и Осташкова девонские верхние песчаники уходят вглубь, скрываясь под толщей пород следующей по времени образования *каменноугольной системы* (см. геологический профиль). Она начинается здесь с угленосного яруса, состоящего из глин и песков с прослойками и флецами каменного угля. Послед-

ний невысокого качества и разрабатывается только около г. Боровичей. К востоку от г. Осташкова породы угленосного яруса уходят под известняки морского происхождения с многочисленными окаменелостями, из которых крупная раковина *продуктус гигантеус* (рис. 226) из плеченогих является руководящей окаменелостью для этого яруса; по имени этой окаменелости и самый ярус получил название *продуктусового яруса*.

Угленосный и продуктусовый ярусы слагают вместе нижний отдел каменноугольной системы. Между г. Осташковым и г. Калининым нижний отдел уходит вглубь под налегающий на него средний отдел каменноугольной системы, называемый *московским ярусом*. Последний слагается из мощной толщи известняков серого или желто-белого цвета. Массы этих известняков местами слагаются из микроскопических скорлупок фораминифер, из которых чаще всего встречается род *фузулина* (рис. 227, 1). Руководящей формой для верхних слоев этого отдела является плеченогое *спирифер москвензис* (см. рис. 227, 4).

Все эти отделы каменноугольной системы протягиваются параллельными полосами в меридиональном направлении от Смоленска до Архангельской области. Общие же размеры каменноугольного моря показаны на рис. 228.

Морская каменноугольная фауна отличается развитием низших организмов — корненожек. Эти животные жили в кембрии, силуре и девоне; но там они занимали скромное положение среди животного царства; в каменноугольное же время они размножились в таком количестве, что из скорлупок их слагаются целые земные пласты. Наиболее распространенным был род *фузулина*. Тонкая известковая камера их свернута наподобие зерна, поэтому народ называет ее *каменным овсом*. Близко к ней стоит другая корненожка *швагерина*, имеющая форму горошины (см. рис. 227, 2—а и b).

Кораллы, жившие в каменноугольном море, были очень многочисленны. Из них наиболее часто встречаются селившийся отдельными шарообразными колониями трубчатый коралл — *хэтетес* (см. рис. 227, 3). Плеченогие продолжают сокращаться в числе, но из них некоторые роды, как например *спирифер* и *продуктус*, пользуются большим распространением и достигают крупных размеров.

Из других классов животных, перешедших из девонского моря в каменноугольное, надо отметить *морских ежей*, известковые панцири которых и шипы обильно встречаются в желтовато-белых каменноугольных известняках под Москвой. Из головоногих, наряду с *ортоцерасами*, продолжают развиваться *аммониты*, причем спираль и сутурная линия их делаются все более сложными.

Класс трилобитов приходит в упадок; из всего множества их, живших в силуре и девоне, в каменноугольных отложениях встре-

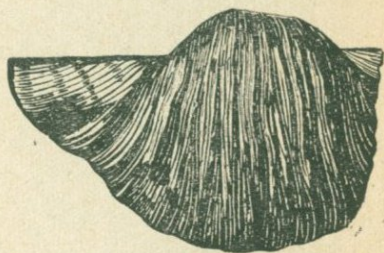


Рис. 226. *Продуктус* (*Productus giganteus*).

чаются только два рода. Среди рыб очень сильно развиваются селакхии, многочисленные находки зубов которых показывают, как разнообразно вооружены были эти морские пираты (рис. 229).

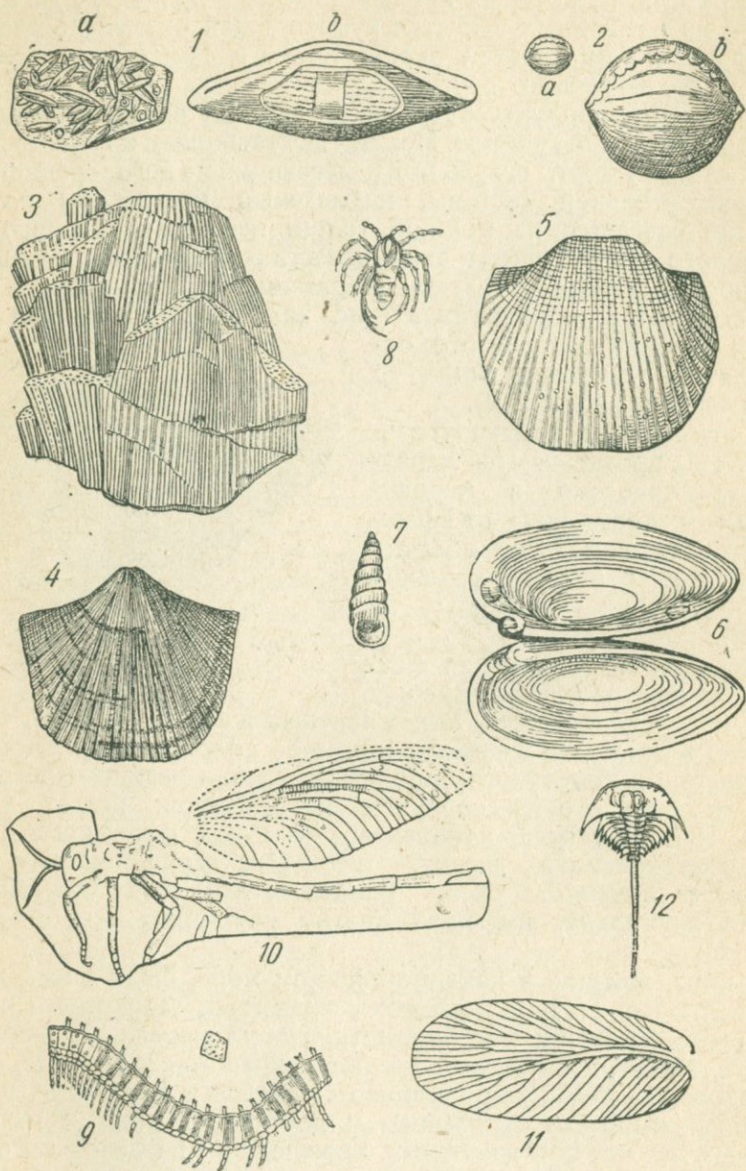


Рис. 227. Окаменелости каменноугольного периода.

1 — *Fusulina cylindrica*: *a* — кусок фузулинового известняка, *b* — отдельная увеличенная раковина корненожки; 2 — *Schwagerina*: *a* — натуральная величина, *b* — увеличенная; 3 — коралл *Chaetetes radicans*. Плеченогие: 4 — *Spilifer mosquensis*; 5 — *Productus semireticulatus*; 6 — пластинчато-жаберный моллюск *Anthracosia loitneri*; 7 — старейший моллюск из наземных брюхоногих *Dendrogrura vetusta*; 8 — один из древнейших пауков — *Proolycosa anthracophila*. Членистоногие насекомые: 9 — тысячножка *Euphoberia armigera*, 10 — стрекоза *Titanaphasma fayoli*, 11 — крыло примокрылого насекомого *Eoblattina manebachensis*, 12 — ракообразное *Belinthis reginae*.

паукообразные и многоножки. Особенно часто встречаются *блатины*, родственные нашему черному таракану (см. рис. 227, 11). Все каменноугольные насекомые принадлежат к вымершим видам.

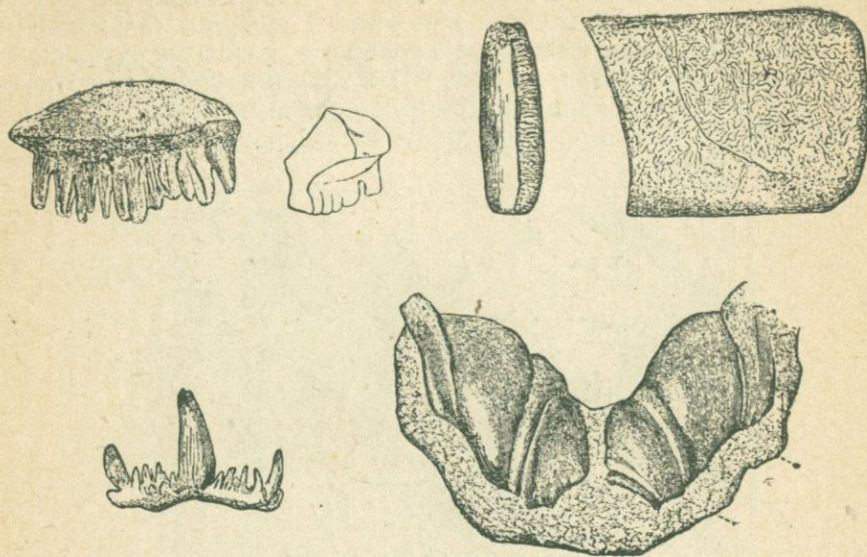


Рис. 229. Зубы каменноугольных рыб.

a — бугорчатый зуб полиридзодуса; *b* — пластинчатый зуб псаммодуса; *c* — острые клыкообразные зубы кладодуса; *d* — улиткообразные зубы кохлюдуса.

По сравнению с современными насекомыми они достигали гигантских размеров: так самые маленькие из стрекоз каменноугольного времени имели ширину крыльев в 3 см, а у наиболее крупных форм

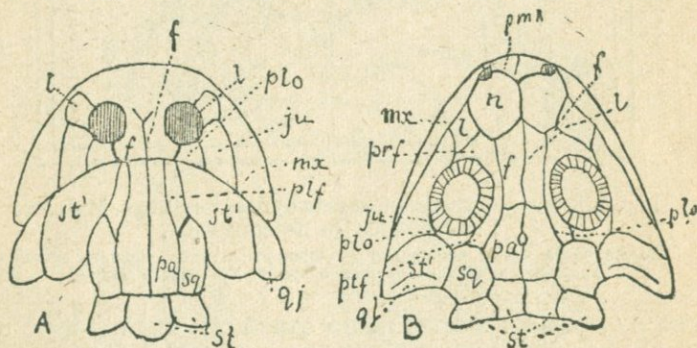


Рис. 230. Строение черепов кистеперых рыб (А) и древнейших амфибий — *стегоцефалов* (В).

f — лобная кость; *ptf* — заднелобная; *prf* — предлобная; *mx* — верхнечелюстная; *pmx* — межчелюстная; *pa* — теменная; *n* — носовая; *sq* — височная; *i* — переднеглазничная; *plo* — заднеглазничная; *ju* — скуловая; *st* — щечная; *qj* — щечно-скуловая; *st'* — затылочная.

величина крыльев достигала 50 см (рис. 235). Саранча, найденная в каменноугольных отложениях Франции, имела в длину 1 м.

Каменноугольный период отличается от других периодов пыш-

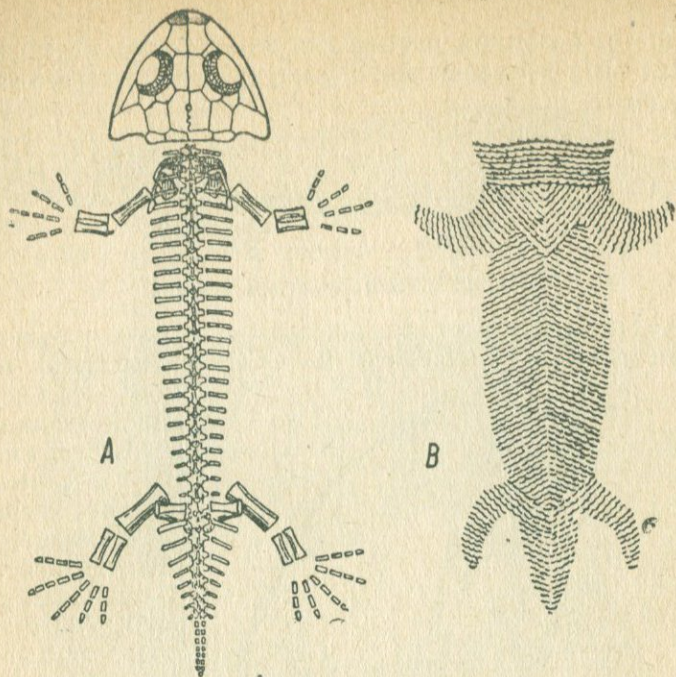


Рис. 231. А — скелет бранхиозавра; В — отпечаток брюшного покрова.



Рис. 232. Реставрация бранхиозавров.

На земле взрослые экземпляры, а в воде личинки с сильно развитыми жабрами.]

ным расцветом наземной растительности. Об этом мы можем судить по мощным залежам каменного угля, образовавшегося из скопле-

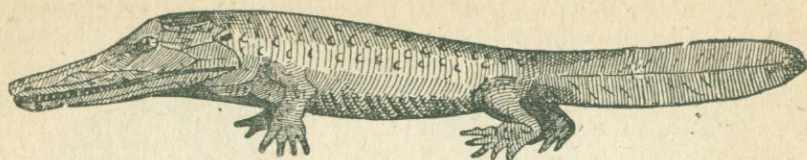


Рис. 233. Реставрация архегозавра.

ния растений. Наиболее значительные залежи каменного угля в каменноугольных отложениях СССР

находятся в Донецком бассейне, занимающем площадь более 20 000 кв. км. Во всей толще каменноугольных отложений здесь насчитывается около 200 отдельных пластов и пропластков каменного угля с толщиной слоев от 0,01 до 1,5 м, с запасом каменного угля свыше 88 000 млн. т.

Другой большой район залежей бурого угля, называющийся Подмосковным, располагается главным образом в Московской области. Запас угля в этом бассейне определяется приблизительно в 12 млрд. т. Но уголь здесь гораздо худшего качества, чем в Донецком бассейне. Большие запасы каменного угля, залегающие в породах каменноугольного периода, находятся в Казахстане в Карагандинском бассейне (51 000 млн. т) и на Урале в Кизеловском бассейне (больше 2400 млн. т).

По приблизительному подсчету общие запасы ископаемых

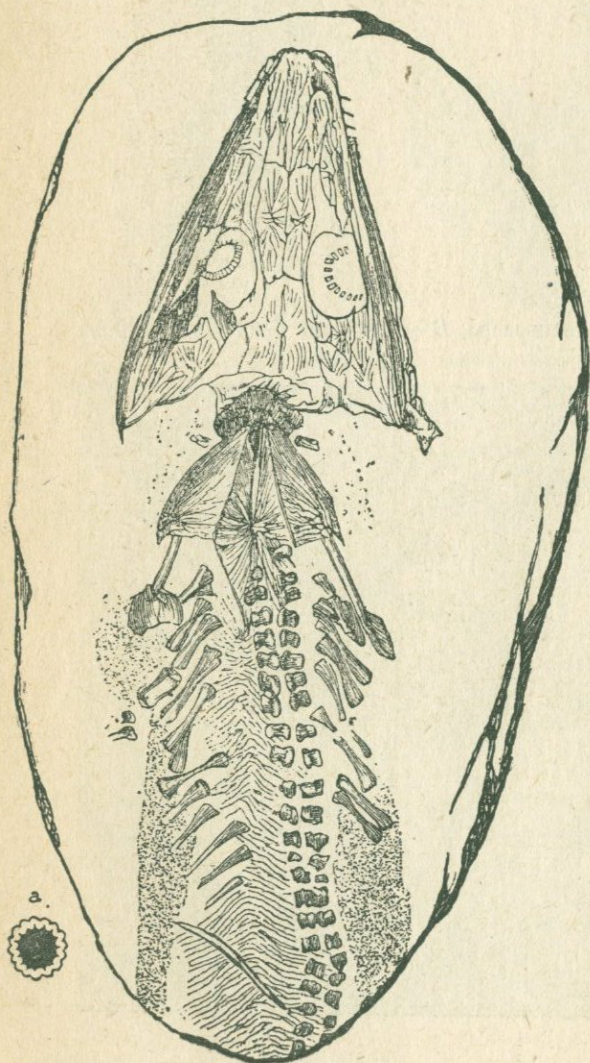


Рис. 234. Архегозавр.
а — его складчатый зуб.

углей в СССР определяются в 1654 млрд. т; из них около 10% приходится на угли каменноугольного возраста.

Отсюда можно представить, какое громадное количество ископаемого угля отложилось в течение каменноугольного времени.

Отложения ископаемого угля имеются на всех материках и почти во всех государствах, среди которых СССР по богатству ископаемым углем занимает второе место.

Растительность, давшая клетчатку для столь огромных отложений ископаемого угля в каменноугольный период, состояла из древо-

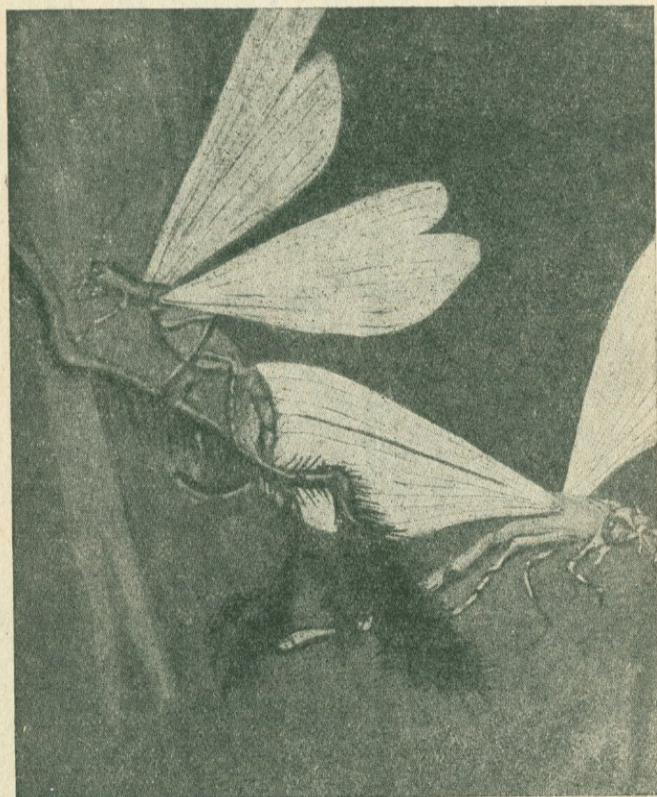


Рис. 235. Реставрация каменноугольных стрекоз.
Направо — *Titanophasma Fayoli*, налево — *Protphasma Dumassii*.

видных папоротников, каламитов, лепидодендронов, сигиллярий и кордаитов.

По своей форме каменноугольные папоротники были древовидными и кустарниковыми растениями. Многие из них достигали 20 м высоты. Большинство размножалось, как и современные папоротники, спорами; но среди них некоторые виды размножались семенами и приближались по строению плодоносящих органов к голосемянным растениям.

Каламиты, достигавшие размеров большого дерева, по внеш-

нему виду напоминали современные хвои; полые стволы их достигали метра в толщину (рис. 236).

Лепидодендроны и сигиллярии ближе всего стоят к современным плауновым, но в то время как последние являются травянистыми ползучими растениями, их каменноугольные предки были

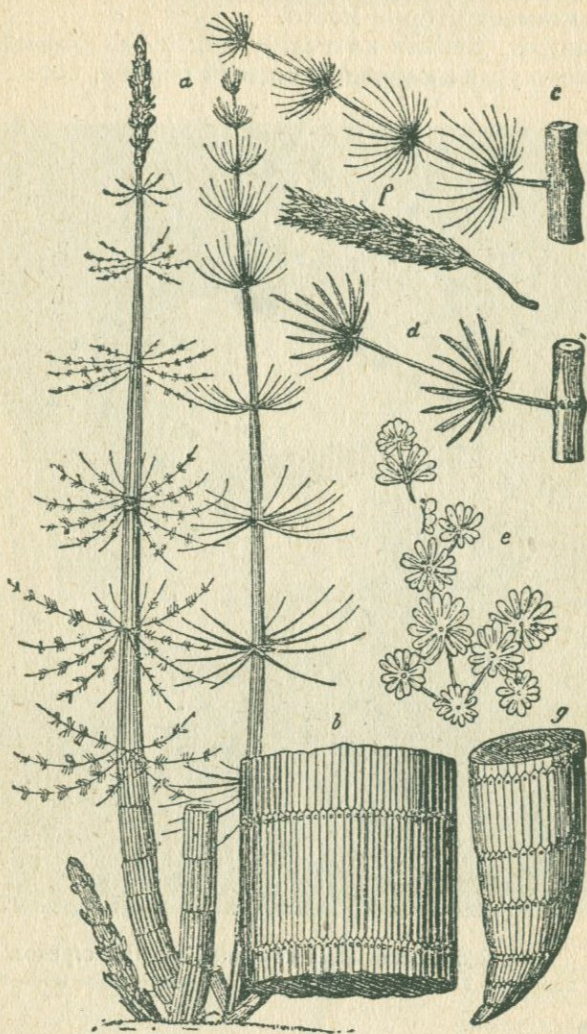


Рис. 236. Каламиты.

a — целые деревья; *b* — кусок ствола, *g* — корень; *f* — плодовая шишка, *c*, *d* и *e* ветви с листьями.

высокоствольными деревьями до 30 м вышины. Лепидодендроны (рис. 237 и 238) были дихотомически разветвляющимися деревьями, стволы и ветви которых были сплошь украшены располагающимися по спирали ланцетовидными листьями. После отмирания и спада листа оставался след в виде подушкообразного рубца; эти



Рис. 237. Лепидодендрон.



Рис. 238. Лес каменноугольного периода (реставрация).

Налево — лепидодендроны с ветвями на концах ветвей. Между лепидодендронами ползучие папоротники. Направо — сигиллярии, позади них высокие деревья — кордаиты, а еще далее каламиты. Все растения росли на болоте.

рубцы у лепидодендронов располагаются по спиральям и придают коре их очень оригинальный рисунок.

Сигиллярии были колоннообразными деревьями, кончавшимися наверху густой кроной ветвей, усаженных линейными листьями.

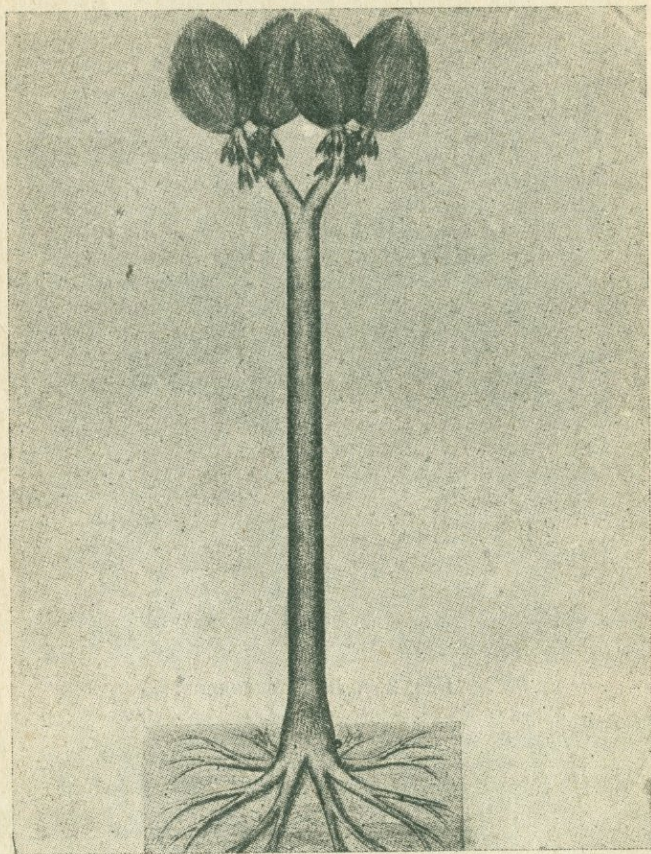


Рис. 239. Сигиллярия.

Листья их также оставляли на коре рубцы по большей части шестигранной формы, но в отличие от лепидодендронов они располагались продольными рядами (рис. 239, 240; см. также рис. 238).



Рис. 240. Поверхность ствола сигиллярии.

Налево без коры, а направо с корой, на которой видны отпечатки листовых подушечек.

Лепидодендроны и сигиллярии принадлежали к тайнобрачным споровым растениям.

Кордаитовые деревья достигали 40 м высоты. По своему внешнему виду они несколько напоминали сосну: цилиндрический ствол их начинал ветвиться близ верхушки и давал сильные ветви с длинными, тонкими, жилковатыми листьями.

Они размножились по типу голосемянных орехоподобными плодами (рис. 241).

Пермская система

Отложений, следующих за каменноугольным периодом пермской и триасовой систем, нет в рассматриваемом профиле, так как осадки этих систем лежат в восточной половине Русской равнины и вышеуказанным профилем не захватываются (рис. 242). Особенно широко распространены у нас осадки пермской системы, которая и название свое получила от б. Пермской губ., где она впервые была изучена. Прекрасные разрезы пермских отложений, состоящих из пестрых мергелей, обнажаются по берегам рек: Камы, Волги, ниже Горького и по Северной Двине. Начинаются снизу пермские отложения континентальными образованиями из глинисто-песчаниковой красноцветной толщи с наземными растительными остатками. В силу распространения этой толщи



Рис. 241. Кордаитовое дерево.

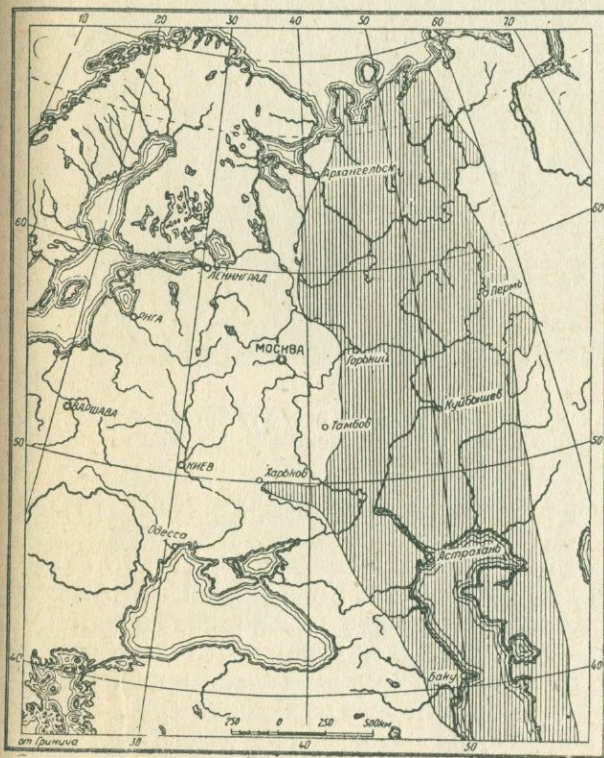


Рис. 242. Распространение Пермского моря в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 000. По Карпинскому,

в б. Уфимской губ., ей дали название *уфимского яруса*. Выше уфимского яруса располагается известково-мергелистая толща морских пород, лучше всего представленная в б. Казанской губ. и поэтому обозначаемых как *казанский ярус*. Этот ярус по аналогии с таким же отложением в Германии иногда называют русским цехштейном. Выше последнего залегают опять континентальные отложения из пестроцветных мергели-

сто-песчаных пород с остатками материковых растений и наземной фауной из пресмыкающихся, называемые *татарским ярусом*, распространенным по Северной Двине и в Волжско-Окском районе.

Налегание континентальных отложений на морские указывает, что к концу пермского периода море в восточной половине европейской части СССР стало сокращаться в своих размерах и усыхать. Под конец оно разбилось на ряд бассейнов, которые, подвергаясь дальнейшему усыханию, стали откладывать на своем дне содержащиеся в их растворе соли: поваренную соль, гипс, ангидрит. Надвинувшиеся затем континентальные отложения похоронили под собой залежи этих солей, превратив их в ископаемые соли. Таким образом образовались месторождения каменной соли около

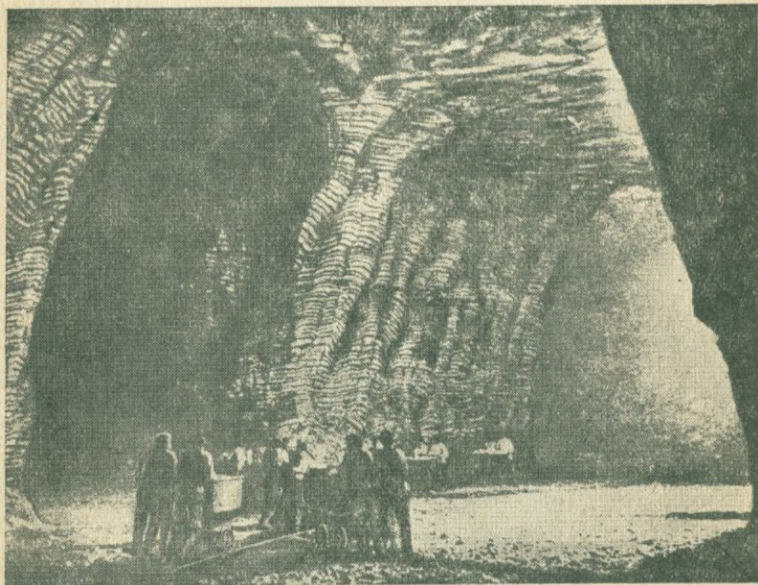


Рис. 243. Выработка каменной соли в коях около г. Артемовска. Хорошо видны годовые слои.

гг. Соликамска, Артемовска (Брянцевские копи; рис. 243) и в Илецкой Защите.

Морской животный мир пермского времени значительно беднее предыдущего каменноугольного времени. Корненожки встречаются очень редко; губки, кораллы, иглокожие сильно сокращаются в своем числе. Трилобитов нет вовсе; довольно часто встречаются плеченогие, из которых род *продуктус* продолжает процветать.

Точно так же часто встречается род *строфалозия* (рис. 244, 2). Сильно распространены мшанки, из которых вид *фенестелия ретиформис* может также считаться руководящей окаменелостью для пермского известняка (см. рис. 244, 4). Из головоногих моллюсков развиваются спиральные формы и впервые появляются настоящие аммониты со сложную сутурную линией

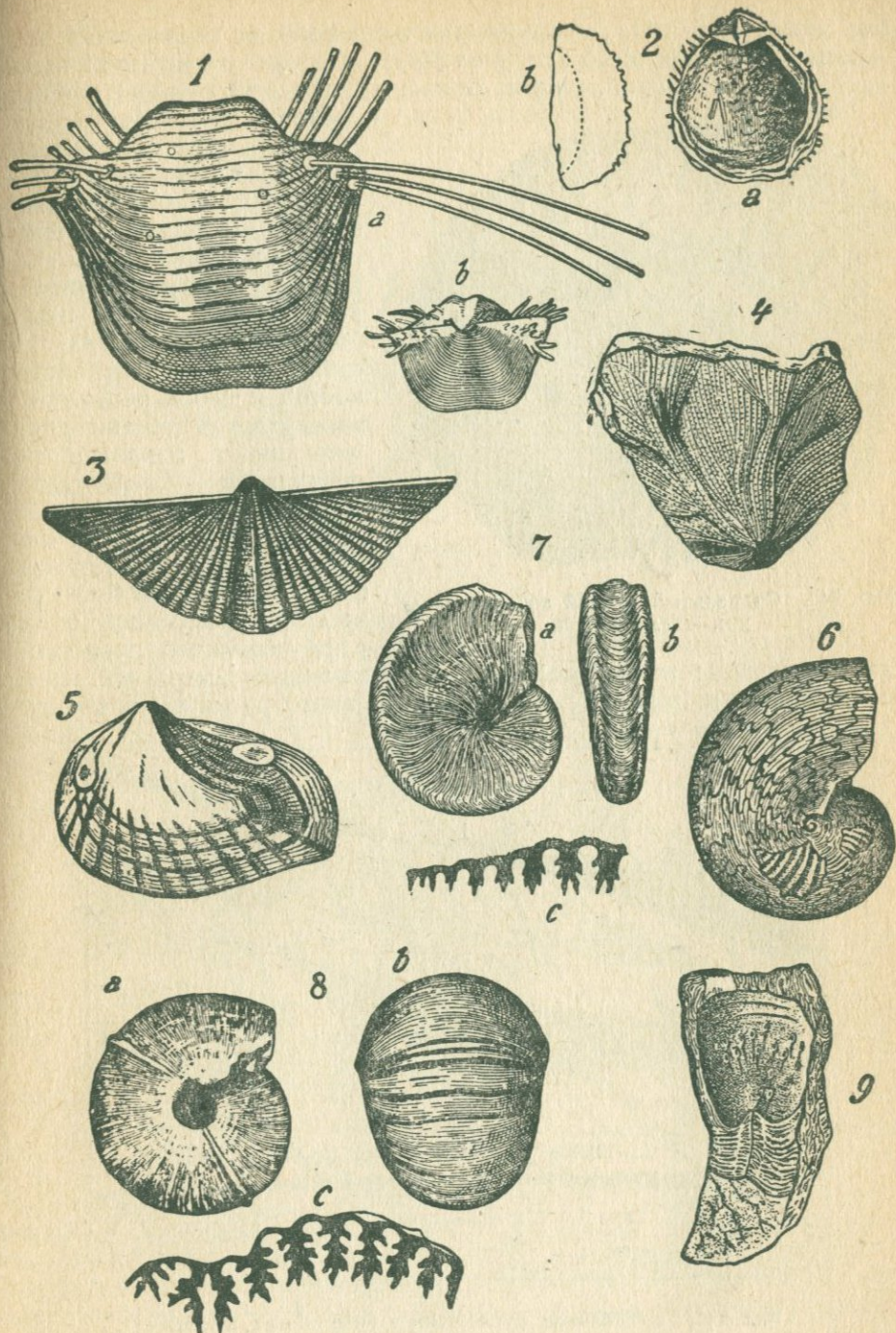


Рис. 244. Окаменелости пермского периода.

Плеченогие: 1— *Productus horridus*; 2— *Strophalosia goldfussi*: а — спереди; б — сбоку; 3— *Spirifer alatus*; 4— мшанка *Fenestella retiformis*; 5— пластинчатогожаберный моллюск — *Schizodus obscurus*; аммониты: 6— *Medicotia trautcholdi*; 7— *Ropanoceras multistriatum* (а — сбоку, б — снизу, с — суртурная линия); 8 а и б — *Cyclolobus stachei*; 9 — плеченогое *Richthoffenia lawrenciana*.

(см. рис. 244, 6, 7, 8). Двустворчатые и брюхоногие моллюски встречаются довольно часто (см. рис. 244, 5). Из рыб известны находки ганоидных и селахий. Оригинальные зубы одной селахии изображены на рис. 245.

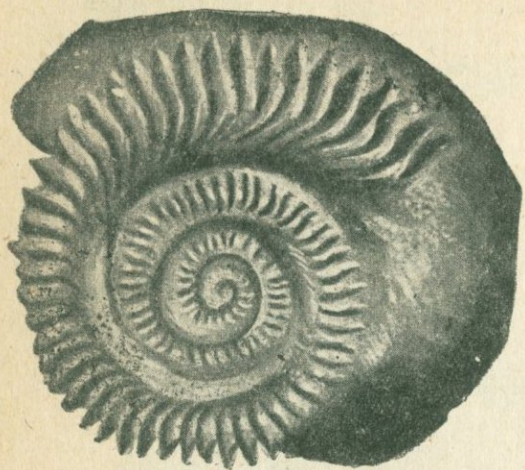


Рис. 245. Спиральный зубной аппарат селахии — геликоприона.

Очень интересна наземная фауна. Появившиеся в каменноугольное время первые земноводные в пермский период уступают свое место пресмыкающимся, достигающим здесь высокой степени развития. По своим формам, устройству костей и зубов рептилии в значительной степени предвосхищают признаки появившихся значительно позже млекопитающих.

В 1899 г. в берегах Сев. Двины, близ г. Котласа, проф. Амалицким было открыто погребенное русло реки пермского периода в

виде чечевицы песка среди пестро-окрашенных мергелей пермского времени (рис. 246). При раскопке этого русла было обнару-

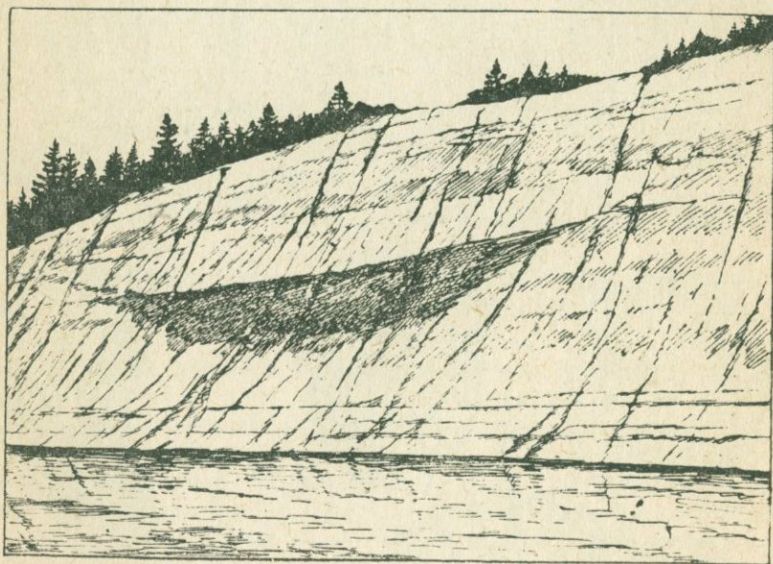


Рис. 246. Погребенное русло реки в виде линзы песчаника (темное пятно) среди пермских мергелей.

жено целое кладбище рептилий пермского времени. Было добыто более пятидесяти полных скелетов и масса разрозненных костей

этих животных. Последние погибли повидимому при каком-нибудь сильном разливе, и трупы их, увлеченные рекой, снесены были в наиболее глубокое место ее и засыпаны песком. Песок затем затвердел, превратился в песчаник, и заключенные в нем скелеты живот-

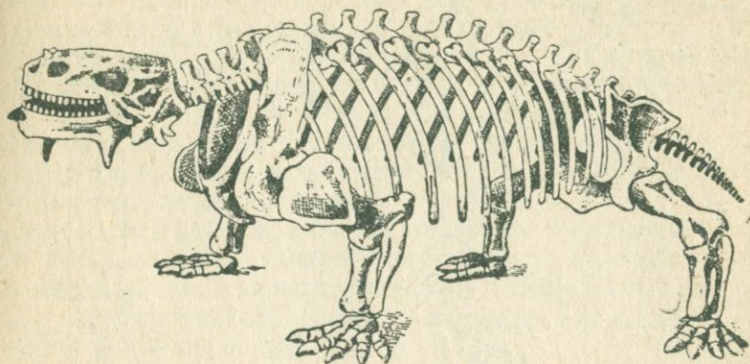


Рис. 247. Парейазавр.

ных сохранились до нашего времени, как в каменных футлярах.

Все найденные скелеты принадлежат к рептилиям — родам *парейазавров* и *тероморфных* (звероподобных). Первые по своей организации близки к древним амфибиям, вторые — к млекопитающим. На рис. 247 и 248 помещен один из травоядных парей-



Рис. 248. Реставрация парейазавра.

азавров — *парейазавр Карпинского*; — массивное туловище его достигало в длину 3 м. На рис. 249 и 250 изображен один из *тероморфных иностранцевия*, имевший в длину также 3 м, но в противоположность парейазавру, бывший сильным хищником вроде современного льва.

Флора первой половины пермского времени сходна с каменноугольной флорой, с тем только отличием, что сигиллярии и лепидодендроны, столь развитые в каменноугольных отложениях,

в пермских слоях встречаются значительно реже, а преобладающими растениями являются папоротники, каламиты и хвойные. Во второй половине пермского времени лепидодендроны и сигиллярии

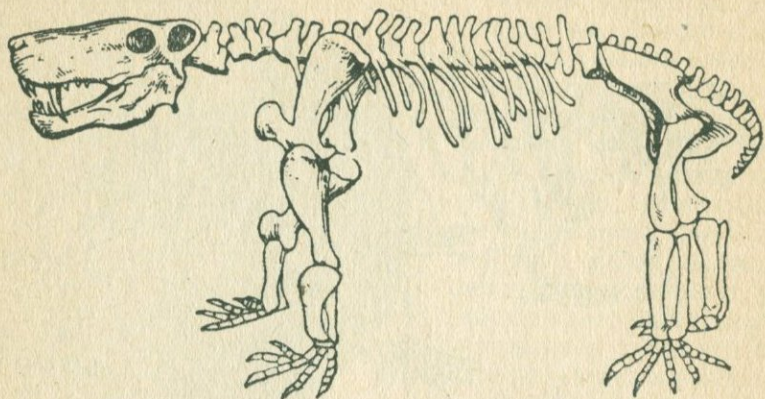


Рис. 249. Иностранцевия.

исчезают совершенно, а распространяются главным образом хвойные. Из папоротников прежние роды встречаются также редко, и на место их появляются новые, как например папоротник *глоссоптерис*, неветвящийся лист которого изображен на рис. 251.

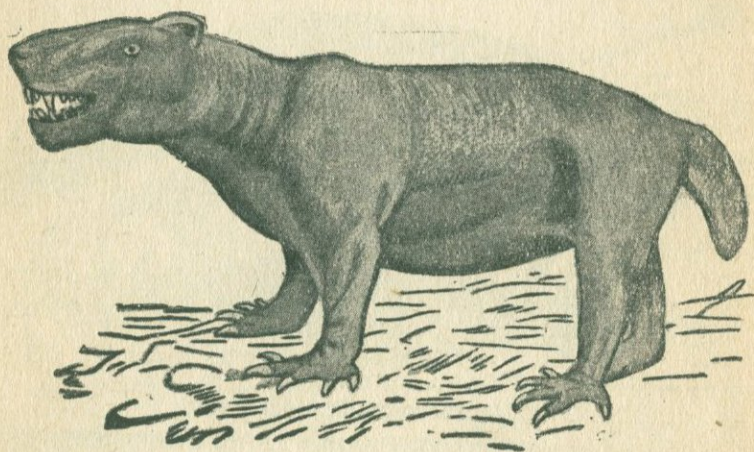


Рис. 250. Реставрация иностранцевии.

Полезные ископаемые. Пермские отложения богаты залежами солей. Наиболее богатые местонахождения каменной соли в СССР находятся в Илецкой Защите (в 60 км к югу от г. Оренбурга), в г. Чапчачи Казахской республики, около г. Артемовска — Брянцевское местонахождение и в Соликамске Свердловской области. В Брянцевском местонахождении каменная соль разведана до глу-

бины 232 м, причем обнаружено 9 залежей соли с общей мощностью в 104 м. Но особенно большое значение имеют недавно открытые залежи калийных солей в Соликамске. Они располагаются здесь на глубине от 100 до 250 м под слоем каменной соли, достигающем в среднем около 30 м. Толщина залежи калийных солей (карналлита и сильвина) — от 70 до 158 м. Ниже пластов калийных солей опять следует каменная соль, мощностью до 206 м. Подсчет общего количества K_2O на разведанной площади дает цифру в 3 млрд. т, что превышает общую сумму известных до сих пор запасов окиси калия во всем мире (2,5—2,8 млн. т).

Кроме залежей солей в отложениях пермской системы на Урале и в Донецком бассейне встречаются медные руды (медистые песчаники), но запасы их невелики.

Пермская система также богата залежами ископаемых углей. В пределах СССР к пермскому возрасту относятся: Кузнецкий бассейн, запасы которого исчисляются в 450 млрд. т, Минусинский бассейн с запасами в 20 млрд. т, Тунгусский угленосный район и др.

В 1929 г. среди пермских отложений недалеко от г. Перми была открыта нефть.

Горообразование в течение конца палеозойской эры

Каменноугольный и пермский периоды были замечательны сильнейшими горообразовательными процессами, получившими название герцинской фазы горообразования.

Тиманский хребет, зародившийся еще в силурийский период, сформировался в девоне; в пермский период он снова подвергся горообразовательным процессам, но это происходит в последний раз, и с пермского времени Тиманский хребет только разрушается.

Уральские горы начали подниматься в каменноугольный период, но тогда они представляли еще только ряд вытянутых в меридиональном направлении островов, едва поднимавшихся среди каменноугольного моря и временами затопливаемых водами последнего.

В пермский период горообразовательные процессы в Уральском хребте достигают высшего напряжения, и последний поднимается в это время в виде высоких гор, значительно превосходящих по своей высоте современные Уральские горы.

В пермский же период горообразовательные процессы проявились в Донецком кряже.

Точно так же горы возникают на земле в этот период и в других местностях; в Западной Европе горообразовательные процессы, начавшиеся в каменноугольный период, завершились в пермское время созданием высоких горных цепей, расположенных к северу от современных Альпийских гор.

В настоящее время эти горы уже разрушены, и от них остались только корни их, встречающиеся в германских и французских горах и в Англии.

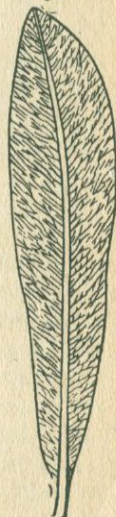


Рис. 251.
Глоссоптерис.

В Азии в течение каменноугольного и пермского периодов возникают Куэнь-Лунь, Западные Саяны, Салаирский кряж, Кузнецкий Ала-тау, Алтайские горы, значительная часть Тянь-Шаня.

В Северной Америке горообразовательные процессы проявляются в Аппалачских горах. Кроме того горообразовательные явления в эти периоды происходили в Армении, Японии, Австралии, Ост-Индии, Южной Америке и в Африке.

Можно сказать, что в конце палеозоя почти вся земная кора приходит в движение. Одни части ее собираются в складки, образуя складчатые горы (Урал, Зап. европейские горы, Аппалачские горы), другие сдвигаются друг относительно друга по вертикальному направлению, причем одни из них опускаются вниз, образуя низины и впадины, занимаемые морем, другие же поднимаются вверх, давая начало массивным горам (Алтай, Памир). В открывающиеся в земной коре трещины и разломы снизу устремляется огненно-жидкая магма и возникают сильные вулканические извержения, от которых до настоящего времени сохранились обширные лавовые покровы.

✓ 4. Мезозойская группа

Начиная от г. Калинина, по линии рассматриваемого профиля на палеозойские слои налегают осадки мезозойской группы. Породы этой группы образовались в продолжение мезозойской эры, что в переводе значит — время средней жизни. К концу палеозойской эры вымирают многие представители растительного и животного царств, населявшие палеозойские материки и моря. Гигантские лепидодендроны, сигиллярии, каламиты, кордаиты и многие роды и виды древовидных папоротников уже не встречаются в отложениях мезозойского времени. Точно так же исчезают не только отдельные виды и роды, но и целые отряды животных, как-то: граптолиты, четырехлучевые кораллы, цистоидеи, бластоидеи, трилобиты, гигантские раки, панцырные рыбы. Но некоторые организмы, появившиеся в палеозойское время, переходят в мезозойскую эру, размножаются в громадном количестве, принимая новые и разнообразные формы. Из царства растений таковыми будут хвойные и саговиковые, появившиеся еще в пермское время и ставшие в мезозойскую эру господствующими растениями на земной поверхности. Из царства животных наибольшего расцвета достигают в мезозойское время перешедшие из палеозоя аммониты и рептилии. Первые сделались господствующими формами в море и затем завладели воздухом. Будучи очень разнообразны по величине — от карликовых форм до гигантов в 35 м длиной — они выработали у себя самые разнообразные приспособления для жизни; одни из них были быстро-подвижными морскими хищниками, как ихтиозавры и плезиозавры, другие были плотоядными животными суши, как мегалозавр, третьи травоядными — игуанодон, диплодок. Некоторые из рептилий развили у себя приспособления для летания и превратились в летающих ящеров — птерозавров. Весь этот разнообразный мир пресмыкающихся в конце мезозойского времени вымирает, оставляя после себя лишь очень небольшое коли-

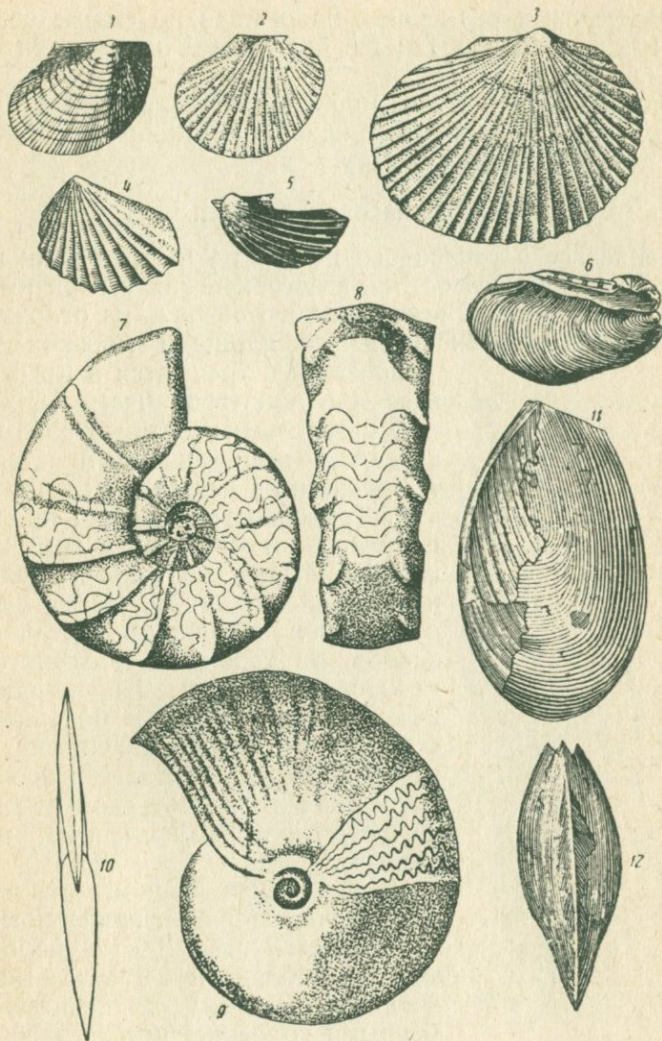


Рис. 252. Окаменелости триаса.

1 — *Monotis salinaria*; 2 — *Pseudomonotis ochotica*; 3 — *Pseudomonotis richmondiana*; 4 — *Myophoria costata*; 5 — *Avicola contorta*; 6 — *Hoerneia socialis*; 7 и 8 — *Ceratites nodosus*; 9 и 10 — *Pinacoceras*; 11 и 12 — *Mytilus dalailamae*.

чество потомков, в виде дошедших до наших дней змей, черепах, крокодилов и мелких ящериц.

В мезозойскую эру появляются и первые млекопитающие, но мезозойские представители этого господствующего в настоящее время класса животных отличаются очень примитивным строением и незначительными размерами, напоминая по форме современных сумчатых крыс. Точно так же в мезозое появляются и первые настоящие птицы.

В конце мезозойской эры происходит резкая смена в растительности: появляются покрытосемянные цветковые растения, расселяющиеся затем по всему свету.

Триасовая система

В течение всего триасового периода Русская равнина была сухой, и только на юго-востоке в астраханских степях имеется уголок — г. Богдо, около Баскунчакского озера — из отложений триасового моря. Более значительные площади морских триасовых отложений встречаются в Крыму, на Кавказе и в Азиатской части СССР.

Достоверных континентальных триасовых отложений у нас не имеется, морские же делятся на два отдела: верхний и нижний. Триасовое море было продолжением пермского, и поэтому в нем жила смешанная фауна из старых палеозойских и мезозойских форм. Часть мезозойских организмов зародилась еще в конце палеозоя, но только с триасового периода мезозойские формы, как например аммониты, размножаются в большом числе и становятся преобладающими жителями моря. С другой стороны, в водах триасового моря доживают свой век некоторые палеозойские формы, как например ортоцерасы.

В триасовый период появляется еще один новый порядок головоногих моллюсков — белемниты. В отличие от аммонитов они обладали не четырьмя, а двумя жабрами, поэтому их называют двужаберными головоногими. Эти животные напоминали современных каракатиц или чернильных рыб (сепия). В ископаемом состоянии от них чаще всего сохраняется конусовидный отросток, облекавший низ многокамерной известковой раковины, помещавшейся внутри мускулистого тела животного. Раковина служила последнему не защитным покровом, скрывающим тело животного, как у аммонитов или ортоцератитов, а в качестве внутреннего опорного скелета для поддержки тела животного (рис. 253).

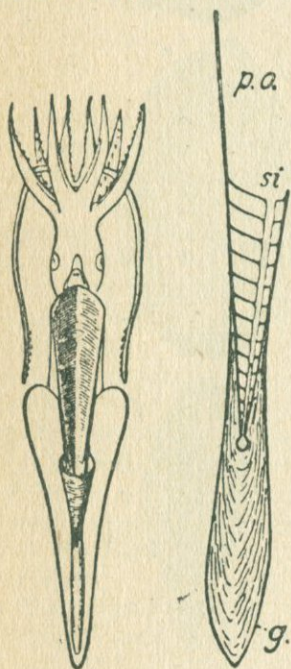


Рис. 253. Белемнит.

На правой стороне рисунка: *a* — продольный разрез раковины белемнита: нижняя часть — *g* — ростр, средняя — фрагмон и верхняя *p. o.* — протракум.

На левой стороне рисунка: *b* — реставрация животного.

В Англии был найден в ископаемом состоянии белемнит, у которого сохранились полностью раковина, мешок с сепией и крючки хватательных рук, что и позволило сделать реставрацию тела животного. Часто нижние конусовидные отростки раковины запл-

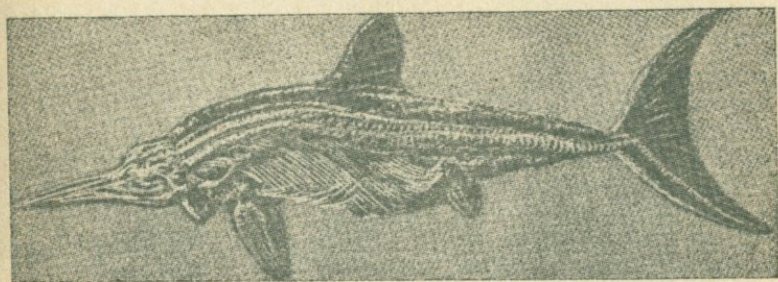


Рис. 254. Скелет ихтиозавра (из триасовых отложений) с отпечатками плавников и хвоста.

няются кремнеземом, благодаря чему получают кремневые отливки внутренних частей раковины. Нередко такие конусообразные отростки называются «чортовыми пальцами» и «громовыми стрелами».

Очень размножились в большом количестве новые роды и виды рептилий: появились змеи, черепахи, крокодилы; часть рептилий



Рис. 255. Плеззиозавр.

переселилась в море и стала морскими хищниками, как например ихтиозавры и плеззиозавры.

Ихтиозавры по внешней форме напоминали современных дельфинов, но в то же время отличались от них строением тела и большой величиной — до 12 м длины (рис. 254). «У ихтиозавра, — как описывает их один ученый, — морда дельфина, зубы крокодила, голова и грудная кость наземной ящерицы, плавники кита, позво-

Западной Европы прекращается. Остаточный морской бассейн в СССР получил название *волжского моря*, послужившего переходом от юрского моря к морю следующего мелового периода (рис. 257).

По линии рассматриваемого профиля юрские слои начинают показываться отдельными островками из-под четвертичных наносов, начиная от г. Калинина; значительно лучше они выражены под Москвой. Осадки юрского моря представлены здесь отложениями мелководной зоны и относятся к верхнему отделу — мальму.

Классические обнажения верхне-юрских слоев находятся под самой Москвой и в ее ближайших окрестностях.

Ниже г. Москвы возле с. Мячково, на левом берегу реки, в обширных каменноломих прекрасно видно, как темноцветные юрские слои залегают на светложелтом каменноугольном известняке. Слои той и другой систем располагаются горизонтально, но линия соприкосновения между ними, или шов, имеет вид ломаной линии, что указывает на присутствие здесь несогласного залегания. Кроме того в основании юрских слоев встречаются прослойки галек из каменноугольного известняка, округленных прибоем воли юрского моря.

Более высокие юрские слои обнажаются под Москвой, на берегу реки Москвы, у Студеного оврага. В основании разреза близ уровня реки здесь выходят черные верхне-юрские глины. Выше их залегают осадки волжского моря, разделяющиеся на нижне- и верхневолжский ярусы.

С таким же характером верхне-юрские отложения выходят в отвесных берегах реки Волги ниже устья Камы и около Саратова. Главная масса их всюду сложена черными глинами, переслаивающимися и прикрывающимися песками.

Наиболее распространенными жителями юрского моря являются аммониты. Будучи очень разнообразными по структуре своей раковины, они разбиваются на очень большое число родов и видов, из которых многие служат руководящими окаменелостями для подразделения юрских осадков на многочисленные горизонты (рис. 258 и 259). Точно так же многочисленны были в юрском море

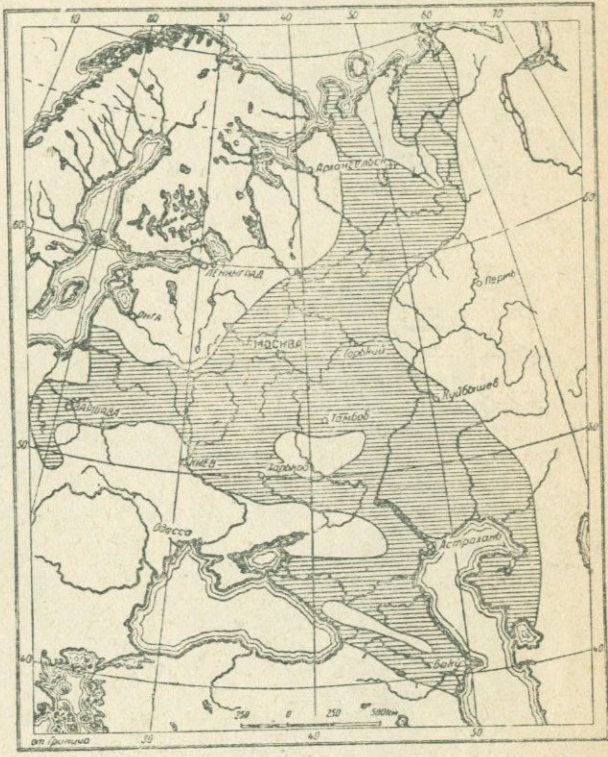


Рис. 257. Волжское море в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 000. По Карпинскому.



Рис. 258. Кардиоцерас из юрских отложений по р. Волге. (Вид спереди и сбоку.)

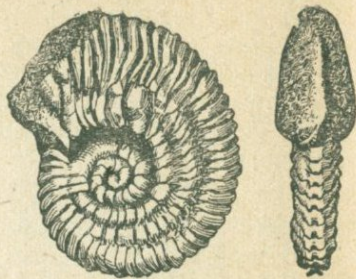


Рис. 259. Космоцерас.



Рис. 260. Отпечаток морских лилий из нижне-юрских отложений Рейтлингена.

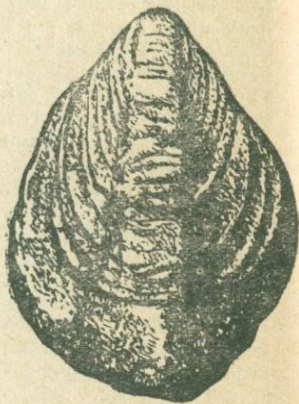


Рис. 261. Устрица (*Ostrea Khoroschovensis*) из волжского яруса под Москвой.



Рис. 262. Ауцелла.



Рис. 263. Тригония.

и белемниты, которые служат во многих горизонтах юры в качестве руководящих форм.

Сильно развиваются в юрское время строящие рифы шести-лучевые кораллы, играющие большую роль в построении известняковых пород. Затем часто встречаются морские ежи и морские лилии, достигавшие исполинских для этих животных размеров. В естественно-историческом музее г. Тюбингена в Германии хранится сланцевая плита из нижне-юрских отложений Рейтлингена в Вюртемберге, имеющая 8 м в длину и 6 м в ширину. В этой плите находится пучок из 24 переплетающихся морских лилий (рис. 260) с чашечками в поперечнике до 1 м и со стеблями в 17 м длиной.

Очень многочисленны пластинчатожаберные моллюски. Среди них впервые появляются настоящие устрицы (рис. 261); некоторые из видов пластинчатожаберных: *ауцелла* (рис. 262), *тригония* (рис. 263), *дицерас* (рис. 264) служат в качестве руководящих окаменелостей.

Юрский период был временем высшего расцвета рептилий.



Рис. 264. Дицерас.



Рис. 265. Ископаемое место кладки динозавровых яиц из меловых отложений Монголии. Длина яйца около 30 см.

Появившиеся в триасе ихтиозавры и плезиозавры в юрское время достигают наибольшего развития и распространения.

Очень разнообразен мир материковых рептилий. Особенно бо-

гат представителями отряд динозавров. Это были животные от $\frac{1}{2}$ до 20 м длины. Передние конечности их меньше, чем задние, как это наблюдается у современных кенгуру. Во многих отношениях они имеют сходство с птицами из породы страусов. Сходство это заключается в строении задних конечностей и таза. Кости же в большинстве случаев внутри полые, как у птиц. Точно так же и размножались, по крайней мере некоторые из них, яйцами (рис. 265). Одни из них были голые — *цератозавр*, другие одеты броней из костяных пластинок и шипов — *стегозавр* (рис. 266). По образу жизни среди них были плотоядные хищники и



Рис. 266. Стегозавр.

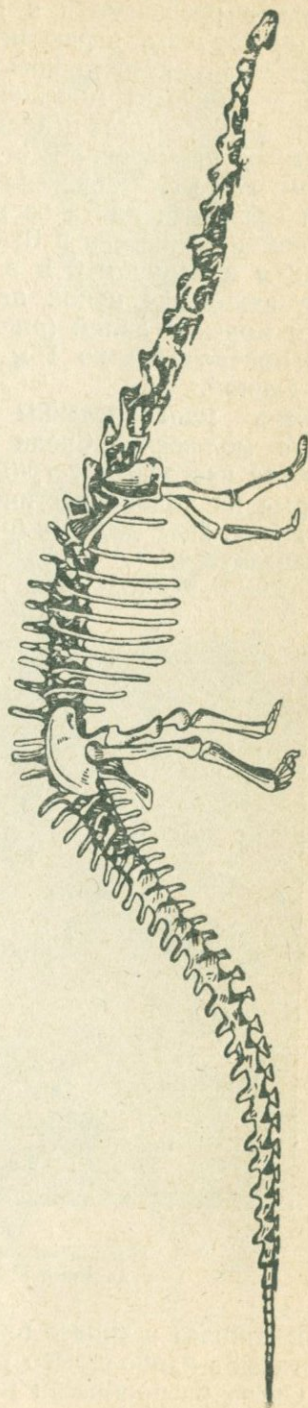


Рис. 267. Диплодок.

травоядные животные. Гипсовый слепок одного из таких динозавров — *диплодока*, подаренный американцем Карнеги нашей Академии наук, занимает целое зало и имеет в длину 23 м (рис. 267 и 268).

Среди юрских отложений найдены летающие рептилии. Они летали при помощи перепонки, протягивавшейся между телом животного и сильно вытянутым мизинцем передних конечностей. Поэтому этих ящеров, называют *птеродактилями* или «пальцекрылыми» животными. По величине птеродактили были от размеров воробья до 7 м между концами крыльев (рис. 269).

В юрское время появились на земле и первые настоящие птицы.

Отпечатки двух таких птиц — *археоптерикс* и *археорнис* — были найдены в золенгофском сланце Баварии. Более примитивная из таких птиц — *археоптерикс* отличается от более со-

вершенной археорнис тем, что кости таза у первой построены как у пресмыкающихся, тогда как у археорнис — они ничем не отличаются от строения таза у современных птиц. В остальном обе эти птицы близки между собой, но еще очень отличаются от современных птиц. Череп, плечевой пояс и задние конечности их построены как у современных птиц, но кости их в противоположность птицам еще лишены пневматичности.

Длинный хвост состоял из расположенных друг за другом 20 позвонков, как это наблюдается у пресмыкающихся; в отличие от последних, хвост археоптерикса был усажен симметрично по обеим сторонам длинными перьями. Череп был снабжен зубами. Крылья состояли из трех пальцев, при чем каждый из них заканчивался ногтем. Глаза были окружены кольцом из костяных пластинок, как у ящериц. Все это указывает на близкую связь первоптицы с рептилиями (рис. 270).

Растительный мир юрского времени состоял из папоротников, саговиковых и хвойных: араукарий, гинкго и др.

Полезные ископаемые. Из полезных ископаемых, встречающихся среди отложений юрской системы, наибольшее значение имеют фосфориты и каменные угли.

Наиболее богата фосфоритами северная полоса средней РСФСР (Московская и Ивановская области, Центрально-черноземная полоса и Среднее Поволжье). Фосфориты¹ в виде желваков встречаются среди песчаников и глин по преимуществу в самых верхних частях юрской системы и на



Рис. 268. Бронтозавр.

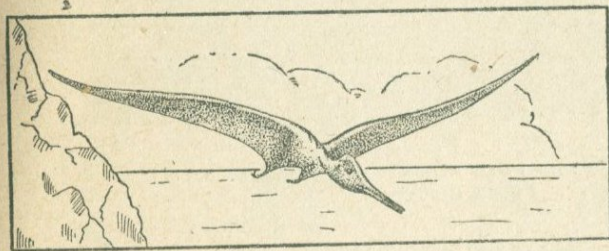


Рис. 269. Птеродакtilь.

границе со следующей меловой системой.

¹ Фосфоритом называют минерал того же состава, что и апатит, но имеющий в отличие от последнего скрытокристаллическое или лучистое строение. Фосфорит встречается только среди осадочных пород.

Ископаемые угли среди юрских отложений в СССР встречаются на Кавказе, на Урале близ Челябинска, в Туркестане, в Кузнецком бассейне, в Восточно-Сибирском крае (близ Иркутска), в Прибайкалье, в Приморской области и т. д. Наибольшие запасы сосредоточены в Иркутском бассейне, где они исчисляются больше чем в 70 млрд. т. В Казахстане к юрским отложениям относятся месторождения нефти в бассейне р. Эмбы.

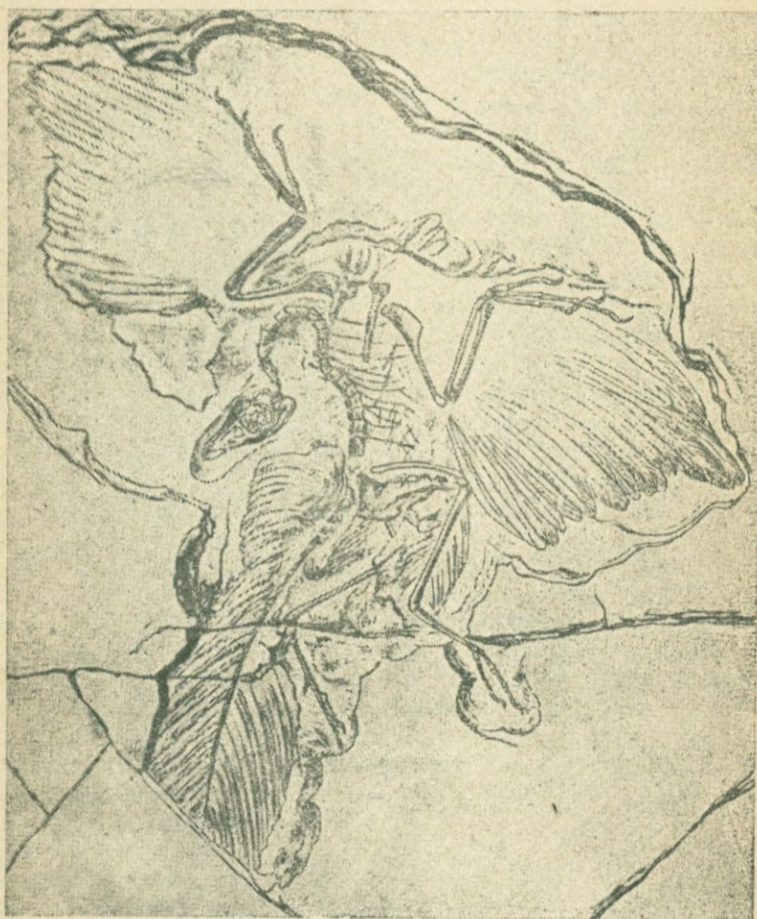


Рис. 270. Скелет и отпечатки перьев археорниса на известковом сланце.

Меловая система

Волжское море перешло в открытое меловое море. Стложения мелового моря делятся на два отдела: нижний и верхний. Нижнемеловое море тянулось меридиональной полосой от устья Печоры к Каспийскому морю (рис. 271). Верхнемеловое море имело широтное протяжение и залегало к югу от Москвы по всей южной

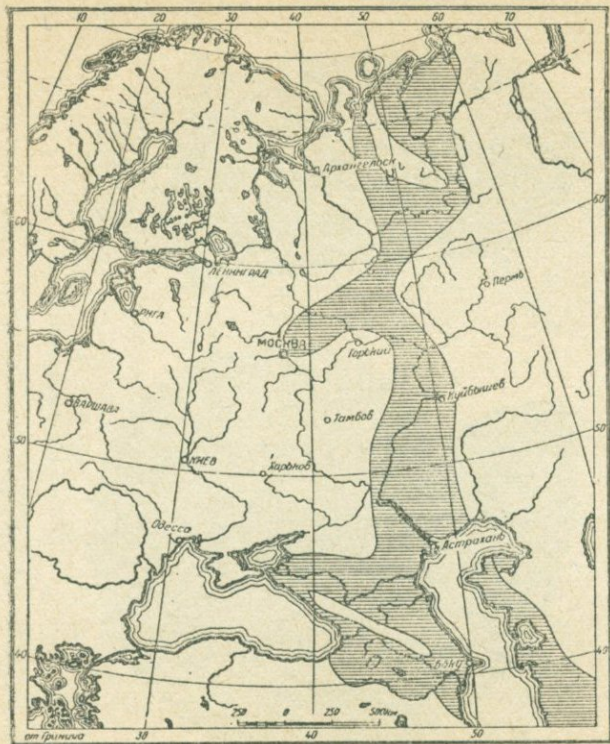


Рис. 271. Распространение нижне-мелового моря в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 000. По Карпинскому.

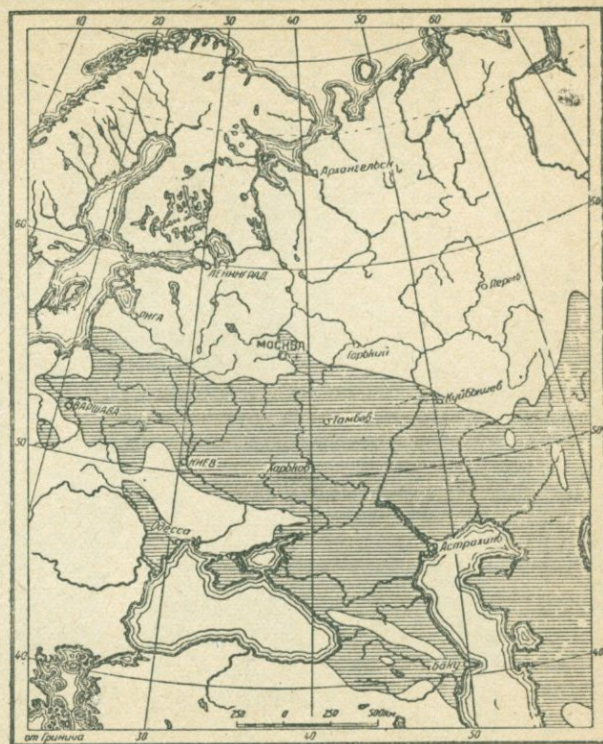


Рис. 272. Верхне-меловое море в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 000. По Карпинскому.

половине Европейской части СССР (рис. 272). Выходы ниже-меловых отложений, в виде песчаников и песков, начинают попадаться между гг. Калининым и Москвой.

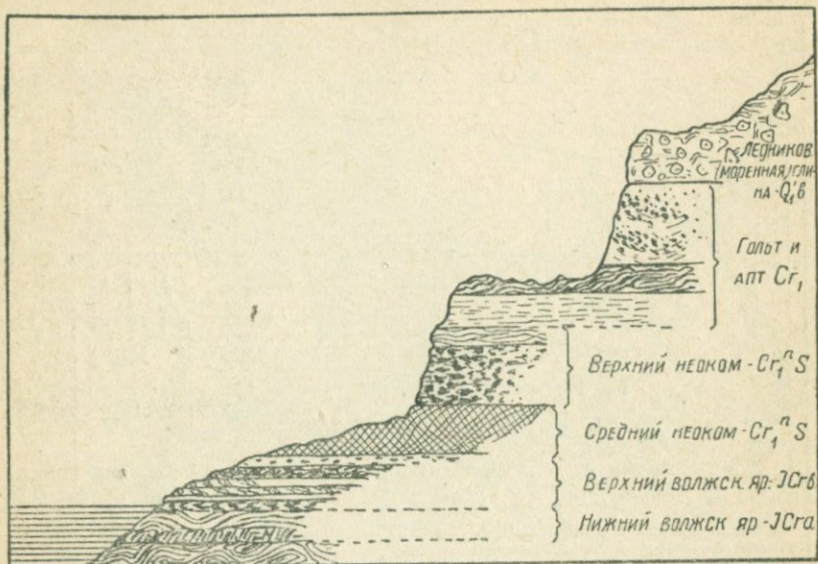


Рис. 273. Геологический профиль Ленинских гор в Москве.

В Москве их можно видеть в разрезе Ленинских гор (рис. 273). На верхне-волжские пески налегают здесь бурые пески (верхне-неокомский

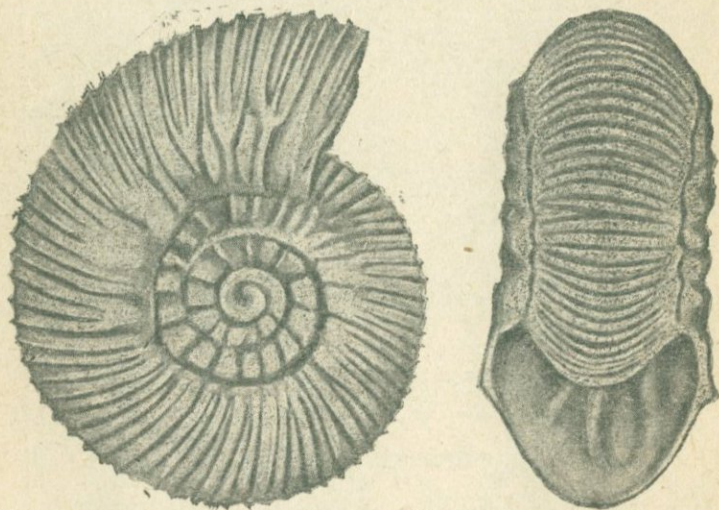


Рис. 274. Симбирскитес.

ярус) с конкрециями железистого песчаника. В этих песках встречаются остатки аммонита *симбирскитес* (рис. 274), указывающего на пребывание здесь мелового моря. Но в вышележащих белых песках с тонкими прослойками глин

(аптский ярус) уже не встречается остатков морских животных, но зато попадают отпечатки папоротников, хвойных и цикадовых растений; это говорит, что в аптский век Московская область уже вышла из-под уровня моря и представляла собою твердую сушу.

В самом конце ниже-меловой эпохи (альбский век) море проникает в северную часть Московской обл., как об этом можно судить по залегаению здесь на континентальных осадках морских глин и песков с аммонитами из рода *гоплитес* (рис. 275).

Сокращение ниже-мелового моря на северо-востоке привело к тому, что к началу верхне-мелового периода вся северная половина Европейской части СССР стала сушей. Но, сократившись на севере, море увеличивается на юге, и в верхне-меловом отделе вся южная половина СССР, начиная приблизительно от 65° широты, покрывается глубоким морем.

О глубине этого моря можно судить по отложившимся на его дне осадкам, достигающим, по данным бурения в г. Харькове, 610 м (см. геологический профиль).

Осадки верхне-мелового моря выражены песками, часто глауконитовыми и содержащими стяжения фосфоритов, мергелями, мяткой глинисто-кремнистой породой — споккой, но главным осадком является белый пишущий мел.

Верхне-меловое море было населено множеством различного рода растений и животных, из которых преобладающими являлись микроскопические корненожки и известковые водоросли; извест-



Рис. 275. Гоплитес.

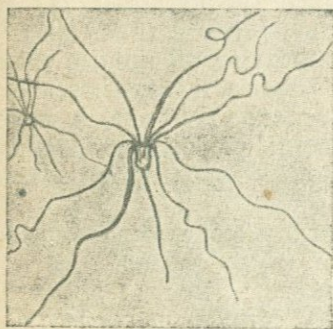


Рис. 276. Свободноплавающая «морская лилия» (*Uintacrinus socialis*).

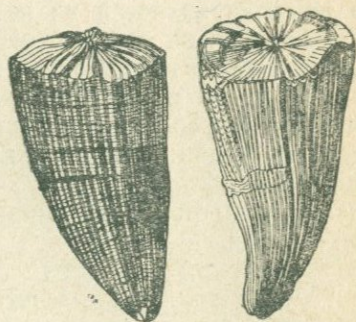


Рис. 277. Рудисты.

А — гиппуритес, В — радиолитес.

ковые скорлупки этих микроскопических животных и растений скоплялись на дне моря в громадных количествах и образовали мощные толщи белого мела, от которого получила название и вся система. Отложения мела встречаются на обширной площади южной части СССР от Подолии и Волыни на западе и до Волги на востоке. Толща этой породы в г. Харькове определена посредством бурения в 400 м.

Морской животный мир мелового периода помимо животных, общих в нем с животными юрского моря, имел несколько своеобразных черт.

Особенного расцвета в нем достигают губки и морские ежи. Во многих местах они переполняют меловые известняки, и из них образуются целые слои. Морские лилии, наоборот, сильно сокращаются в числе, причем некоторые из них лишаются стебля и делаются свободноплавающими животными (рис. 276). Интересное изменение претерпевают пластинчатожаберные. Обычно они состоят из двух одинаковых створок — и поэтому их называют двустворчатými. Появившиеся в меловом море пластинчатожаберные имеют форму рога, причем одна створка раковины образует самый рог, а другая — к ней крышку.

Построенные таким образом пластинчатожаберные называются *рудистами*. По форме они скорее напоминают кораллы, чем пластинчатожаберных моллюсков (рис. 277). Головоногие доживают свой век. Столь обильные в палеозое и мезозое, в конце мелового периода они быстро начинают вымирать, и только единичные представители переходят в следующую, неозойскую эру. Но прежде чем исчезнуть, они начинают разворачивать свою спираль и упрощать сутурную линию, искривляясь самым различным образом: в форме винта — *туррилитес* (рис. 278), с крючком на одном и завитком на другом конце — *скафитес* — (рис. 279), в виде рога — *криоцерас*, и т. д., некоторые, как *бакулитес* принимают форму прямой трубки, свойственную палеозойским ортоцерасам (рис. 280). Но возвращение вспять к старым формам не спасает четырехжаберных головоногих — и в конце мелового периода они вымирают.

Точно также вымирают в конце мелового периода и двужаберные головоногие — белемниты; наиболее характерным для мелового периода является из них род *белемнителля* (рис. 281).

Кораллы очень распространены и образуют обширные рифы.

Костистые рыбы, появившиеся в триасе и занимавшие еще скромное место в рыбьем царстве юрского периода, в меловом море берут перевес над всеми остальными рыбами и совершенно вытесняют бывших до того времени наиболее распространенными ганоидных рыб.

Все отряды рептилий, жившие в юрском море, перешли и в меловой период.

В Ростовской области были найдены кости *эласмозавра* (рис. 282), близкого к плезиозавру, но отличающегося от него очень длинной шеей и размерами туловища, достигавшего 12—18 м в длину.

Кроме того в меловой период в море существовали гигантские *мозазавры* — длинные, узкие животные с небольшой вытянутой головой и лапами вместо ног; сзади у них находился громадный хвост. По форме они более всех других животных походили на морских змей или драконов, порожденных народной фантазией (рис. 283).

Континентальные рептилии развились и дали новые формы. В Европе часто находят среди меловых отложений кости *игуанодона* (рис. 284), ходившего на задних ногах, а передними пользовав-



Рис. 278.
Туррититес.



Рис. 279. Скафитес.



Рис. 280.
Бакулитес.



Рис. 281.
Белемнителля.



Рис. 282. Эласмозавр.

шегося руками; большой палец последних имел вид кинжала, которым животное пользовалось как оружием при нападении или защите. В высоту игуанодон достигал 4,3 м, а по длине туловища с хвостом — 9,5 м. Еще более чудовищные рептилии были найдены в меловых отложениях Америки. Самым большим из них был атлантозавр, достигавший 35 м в длину. Трицератопс был меньших размеров (7 м), но зато обладал удивительной формой черепа: спереди он переходил в клюв, а сзади — в костяные защищающие шею щиты; на лбу же и на носу были насажены три рога. Если исключить несколько толстый хвост, то во всем остальном, по строению тела, он походил на буйвола (рис. 285 и 286).

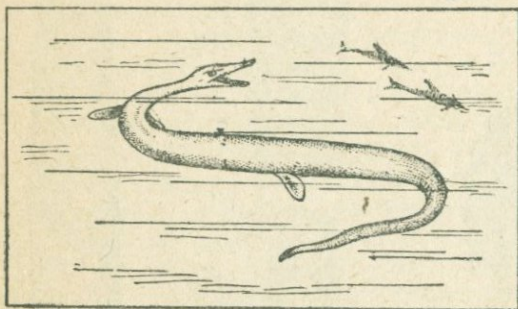


Рис. 283. Мозазавр.

Летающие рептилии мелового времени значительно превосходили по своим размерам своих юрских предков. Расстояние между концами распрямленных крыльев птеранодона доходило до 8 м (рис. 287 и 288).

Птицы достигли высокой степени развития. Среди них различают килегрудые, к которым принадлежит большинство современных птиц, и гладкогрудые, представленные в настоящее время страусами, казуарами и другими бегаящими птицами.

В качестве представителя первых в меловых отложениях часто находят кости ихтиорниса (рис. 289) величиной с современного голубя, но с очень большими крыльями, а ко вторым принадлежит гесперорнис (рис. 290), достигавший в высоту 1 м. В отличие от современных птиц меловые птицы еще имели зубы.

Найденные среди меловых отложений кости млекопитающих принадлежат к мелким сумчатым животным, как и первые находки их в триасе.

Большие перемены произошли в течение мелового периода в растительном царстве. В нижнем отделе этого времени флора Европы еще похожа на флору юрского времени и состоит из папоротниковых, хвойных и саговиков. На ряду с гинкго и араука-

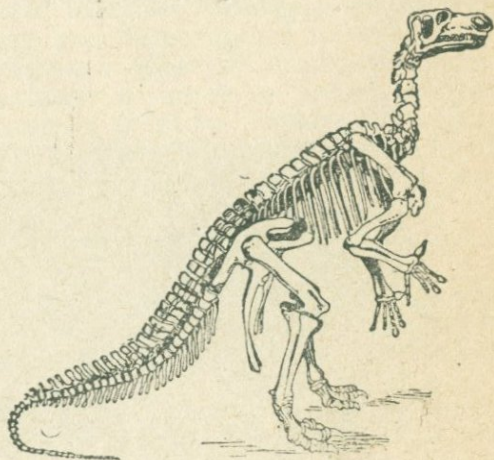


Рис. 284. Игуанодон.

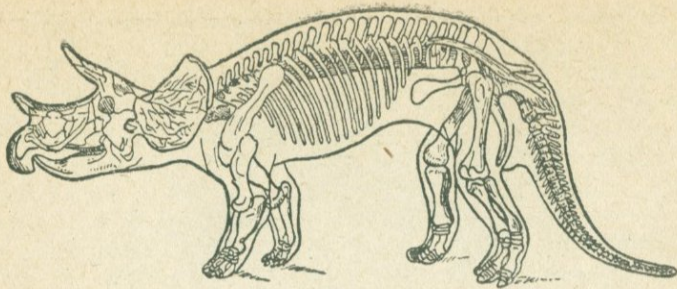


Рис. 285. Трицератопс.

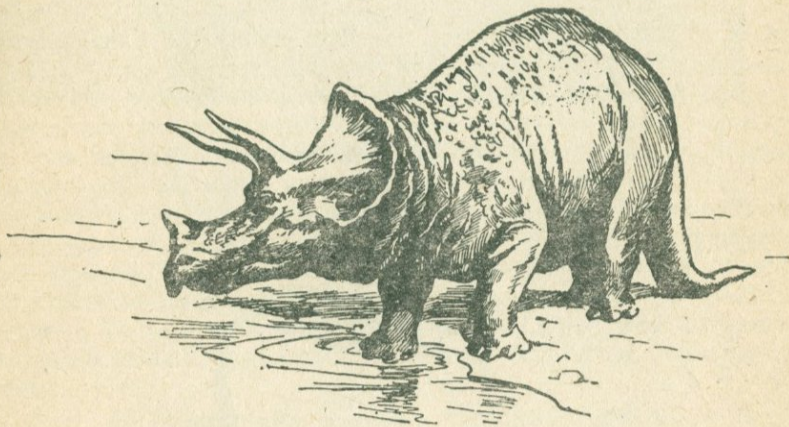


Рис. 286. Трицератопс (реставрация).

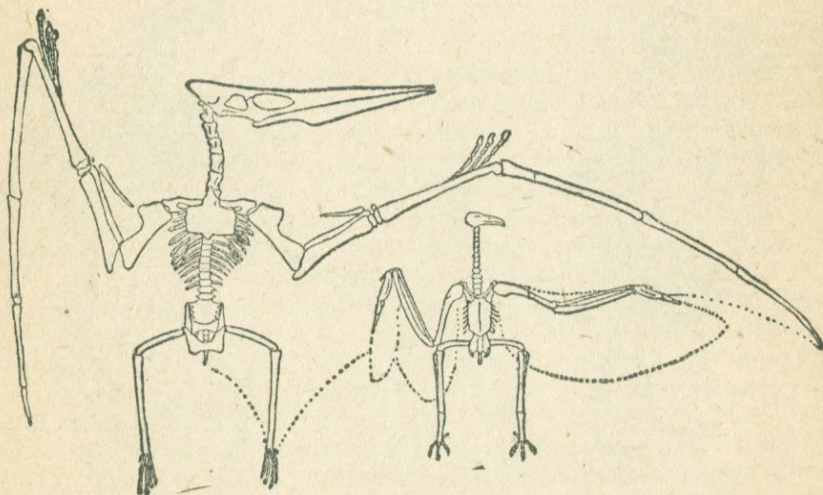


Рис. 287. Скелет птерозавра—птеранодона; направо, для сравнения, скелет самой большой современной птицы — кондора.

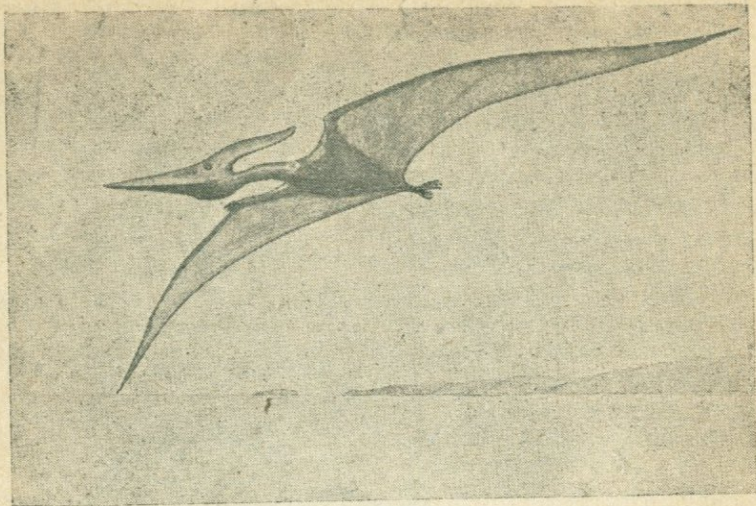


Рис. 288. Птеранодон.

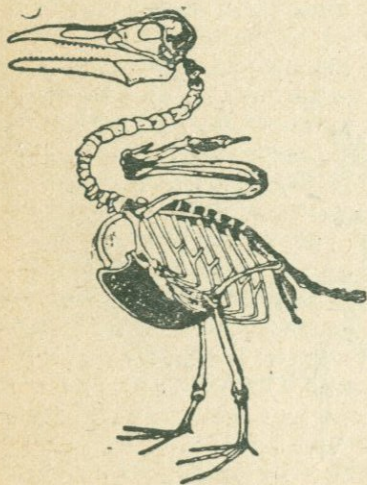


Рис. 289. Ихтиорнис.



Рис. 290. Гесперорнис.

риями встречаются кипарисовые, ель, сосна и кедр. В верхне-меловых отложениях находится уже иная форма, состоящая из двудольных цветковых растений; преобладают среди нее дубы, буки, тополя, черешни, разные злаки, т. е. растительность, которая существует здесь и в настоящее время. Но наряду с ней встречаются формы, исчезнувшие в настоящее время из Западной Европы, как например тюльпанные деревья, магнолии, пальмы. Смена флоры голосемянных на покрытосемянные, совершившаяся в Европе во вторую половину мелового периода, в Северной Америке произошла в начале мелового периода; поэтому можно считать, что родиной двудольных является Северная Америка и что отсюда они переселились в Европу и разошлись по всему свету.

Параллельно с появлением цветковых растений в меловых отложениях впервые встречаются хоботные сосущие насекомые, как-то: бабочки, пчелы, жуки.

Московская впадина. Прослеживая геологический профиль в юго-восточном направлении от Финляндского щита к Москве, мы видели, что наслонения всех геологических систем уходят вглубь, сменяясь все новыми и новыми отложениями. Происходит это от того, что кристаллическая кора между Финляндским и Южно-Русским щитами образует впадину или котловину. Дно этой котловины является неровным и состоит из понижений и поднятий. Москва находится как раз в центре одного из таких понижений. Буровая скважина московского артезианского колодца, опущенная на глубину 459 м от поверхности, не могла пройти всей толщи осадочной коры и остановилась на слоях девонской системы. Толщина пройденных скважиной слоев по системам оказалась следующей:

Четвертичная система	4,99 м
Юрская "	16,51 "
Каменноугольная "	303,36 "
Девонская "	134,89 "
<hr/>	
Всего	459,75 м

В месте заложения скважины отсутствовали породы меловой системы, которые в других частях Московской области имеют значительную мощность. Кроме того, скважиной не пройдены отложения девонской системы и более древних палеозойских отложений: силурийской и кембрийской систем. Поэтому настоящая глубина Московской впадины должна быть значительно больше той величины, до которой достигала самая большая скважина г. Москвы.

К югу от Москвы на дневную поверхность начинают выходить в последовательном порядке все более и более древние отложения, из чего можно заключить, что дно впадины в южном направлении поднимается. Непосредственно за Москвой, километров на 100 к югу, обнажаются слои юрской системы. От г. Серпухова до г. Тулы выходят на поверхность известняки среднего отдела каменноугольной системы; г. Тула находится уже среди полосы нижнекаменноугольных отложений, продолжающихся еще километров на 60 далее к югу. Каменноугольные отложения среднего и нижнего отделов на юге Московской области выходят широкими по-

лосами, вытянутыми в широтном направлении. Они являются южным выходом или, как их называют, «южным крылом» осадков того же каменноугольного моря, с которым мы познакомились при изучении геологического профиля Калининской области и Новгородского района.

Осадки этого моря, покрытые более молодыми отложениями, проходят под всей средней частью Русской равнины и протягиваются на север до Тиманского кряжа, а на восток до Уральских гор.

Геологическое строение южного крыла несколько иное, чем северо-западного. В Новгородском районе и Калининской области нижний отдел каменноугольной системы начинается непосредственно с континентальных глин, песков и песчаников, с прослойками бурого угля, что указывает на существование здесь в ниже-каменноугольное время суши: в области же южного крыла девонское море непосредственно перешло в каменноугольное, о чем свидетельствует существование переходного *малевко-мураевнинского яруса*, получившего свое название по первоначальным местам его нахождения: около с. Малевки (Тульской области) и с. Мураевни (Рязанской области). На отложения малевко-мураевнинского яруса налагают упинские (от р. Упы) глинистые известняки и чернышинские известняки (от сел. Чернышино Калужской области) с фауной уже типично каменноугольного времени. Эти известняки образуют самый нижний ярус нижнего отдела, отсутствующий в северо-западном крыле. Лежащий над упинско-чернышинскими известняками угленосный ярус богаче углем и содержит уголь более высокого качества, чем угленосная свита северо-западного крыла. Ископаемый бурый уголь разрабатывается в Тульской, Рязанской и Калужской областях, где существуют до 30 рудничных предприятий с общей добычей в 700 000 т угля в год.

Прикрывается угленосная свита известняками продуктусового яруса с *продуктус гигантеус*. Средний отдел, или московский ярус, построен точно так же, как в северо-западных областях. Самого верхнего отдела каменноугольного времени не встречается в южном крыле, как нет его и в северо-западных областях. Отложения этого отдела находятся восточнее рассматриваемого профиля по левым притокам р. Москвы и между реками Окой и Цной. Слагается верхний отдел доломитами и доломитизированными известняками. Руководящими окаменелостями для него являются фораминиферы, из которых особенно часто встречается *швагерина*.

Южнее выходов нижекаменноугольных отложений, между Тулой и Орлом, на дневную поверхность выступают еще более древние девонские слои. Сначала выходят верхне-девонские отложения, а южнее, около г. Орла, и средне-девонские слои. Отличие девонских отложений от таковых же северо-западной части СССР заключается в том, что здесь нет песчаниковых ярусов, и отложения как верхнего, так и среднего отдела образованы известняками и глинами.

Буровые скважины в Курской области обнаружили на глубине около 200 м от поверхности налегание девонских слоев на археозойские кристаллические породы, содержащие в своих верхних,

слоях богатые залежи магнитного железняка, вызывающие отклонение магнитной стрелки (Курская аномалия).

Г. Орел служит крайним пунктом, до которого наблюдается поднятие осадочных слоев в южном направлении, начиная от г. Москвы.

Харьковская мульда.¹ После Орла древние системы уходят вглубь, прикрываясь все более и более молодыми отложениями. Таким образом Орел лежит в центральной части того поднятия или горба земной коры, который разделяет Московскую впадину от более южной Харьковской мульды. Непосредственно к югу от Орла распространены черные глины верхнего отдела юрской системы, уходящие по мере приближения к Курску под пласты меловой системы. Наибольшим развитием пользуется верхний отдел последней системы, образованный по преимуществу белым пишущим мелом. Этой породой заполнена в значительной своей части Харьковская мульда. Буровая скважина, заложенная в центре этой впадины в г. Харькове, прошла следующие системы:

Четвертичная система	15,8 м	} (Из них около 540 м составляют мел и меловой мергель)
Третичная "	25,9 "	
Меловая "	610 "	
Юрская "	83,3 "	
<hr/>		
Всего	735 м	

Из того, что здесь мезозойские слои опускаются глубже, чем палеозойские под Москвой, можно заключить, что Харьковская впадина глубже Московской. К югу от Харькова слои снова начинают подниматься.

В 120 км к югу от г. Харькова, несколько южнее широты г. Изюма, выходят в виде островков юрские слои, а в непосредственном соседстве с ними — отложения каменноугольной системы. Последние по линии профиля скрыты под отложениями третичной системы и обнажаются лишь на границе с кристаллическими горными породами; но несколько юго-восточнее каменноугольные слои выходят на поверхность и образуют Донецкий каменноугольный бассейн.

Кристаллическая кора в Южно-Русском щите имеет протяжение по линии профиля около 120 км; сложена она теми же горными породами, как и Финляндский щит; в северной своей части она прикрывается отложениями третичной системы, затем выходит непосредственно под слоем четвертичных наносов и около г. Бердянска уходит снова вглубь под отложения третичной системы. На Крымском полуострове до нее не могли дойти буровой скважиной в 724 м.

5. Неозойская группа

В то время как вымирание палеозойских животных происходило медленно и растянулось на несколько периодов, исчезновение мезозойских организмов совершилось быстро. В конце мелового периода одновременно вымирают как формы, появившиеся еще в

¹ Мульдой называется вытянутая и замыкающаяся на краях впадина. Харьковская мульда вытянута в направлении NW на SE.

палеозое, например аммониты, так и организмы, зародившиеся в триасе, — белемниты, и даже такие животные, как рудисты, возникшие в последний период мезозойской эры. Исчезает целый ряд родов, семейств и видов плеченогих, пластинчатожаберных, брюхоногих и головоногих моллюсков, морских лилий, раков и рыб. Но поразительно всего вымирание сказывается на классе рептилий. Все многочисленные морские пресмыкающиеся — ихтиозавры, плезиозавры, эласмозавры, мозазавры — исчезают без следа. Точно так же вымирают и материковые рептилии, размножившиеся в бесчисленном количестве. Достигнув самых разнообразных размеров, атлантозавры, диплодоки, игуанодоны, телеозавры, летающие ящеры, гигантские черепахи и змеи — все эти властители суши мезозойского времени, большие и маленькие, подвижные и неповоротливые, хищники и травоядные — исчезли с лица земли в конце мелового периода, и только отдельные сохранившиеся потомки их, как например крокодилы, черепахи, ящерицы и змеи, дошли до нашего времени.

Большинство ученых связывает гибель этих животных с изменением климатических условий на земной поверхности. В течение мезозойской эры климат на земле, судя по распространению саговниковых и папоротниковых растений, даже в очень высоких северных и южных широтах был теплым и мягким. При наличии такого климата без значительных изменений по поясам и без резких колебаний температуры по сезонам года, т. е. очень благоприятного для жизни животных, не обладающих постоянной температурой крови, пресмыкающиеся могли расселиться по всем материкам. В конце мезозойской эры — в меловой период — произошло ухудшение климата на земле, с чем было связано более резкое разграничение климатических поясов. В царстве растений это вызвало появление двудольных растений, из которых поселившиеся в северных и умеренных широтах стали растениями с опадающей на зиму листвой, а заселившие тропические страны сделались вечнозелеными растениями. В царстве животных похолодание вызвало вымирание всех форм, не обладавших постоянной температурой крови и не могших противостоять наступившему охлаждению климата и резким колебаниям температуры по сезонам. Уцелели лишь те из животных, которые выработали у себя способность зимней спячки, зарываясь в землю или прячась в дуплах деревьев, как например наши ящерицы и змеи, и кроме того еще те, которые случайно оказались в теплом и тропическом поясе, где понижение температуры сказалось меньше, как например крокодилы, черепахи, тропические змеи. Крупные пресмыкающиеся по своим размерам не могли найти себе условий, благоприятных для зимней спячки, в то же время и понижение температуры даже в тропическом климате оказалось для них гибелью. Точно так же охлаждение климата должно было сказаться на понижении температуры вод океана и повести к вымиранию как морских рептилий, так еще и некоторых других морских организмов, не вынесших новых неблагоприятных условий существования.

Наступившие в меловой период климатические невзгоды, уничтожившие целый ряд отрядов, родов и видов животных, в то же

время выявили на первый план классы млекопитающих и птиц, которые хотя и появились в мезозое, но в силу утеснения могущественными тогда рептилиями не могли получить достаточного развития. Вымирание пресмыкающихся очистило поле жизни для млекопитающих и птиц, а обладание постоянной температурой крови дало им возможность противостоять ухудшению климата и резким колебаниям температуры. В силу таких благоприятных условий незаметные и незначительные современники гигантских рептилий — млекопитающие с очень простой организацией тела и мозга и небольшие птицы, величиной с голубя и гагару, быстро размножаются по всей земле, превращаются в сложные и самые разнообразные формы как по образу жизни, так и по величине. Снова на земле появляются хищники и травоядные, карликовые и гигантские, проворные и малоподвижные животные, но все они принадлежат к новому классу животных, резко отличному от класса рептилий. Подобно последним, часть млекопитающих переселяется в море: киты, кашалоты, моржи и тюлени сменяют в них ихтиозавров, плезиозавров и мозазавров.

Вместо летающих ящеров воздухом завладевают настоящие птицы, а в морях, реках и озерах костистые рыбы вытесняют гаиноидных (остаток последних — осетровые).

Процесс все большей и большей дифференциации класса млекопитающих — увеличения количества порядков, родов и видов, непрерывной эволюции и усложнения строения организма и в особенности нервной системы привел к появлению в четвертичный период разумного существа — человека.

Время, протекшее с конца мелового периода и по настоящий момент, называется неозойской эрой, или временем новой жизни. Хотя неозойская эра и менее продолжительна, чем предыдущие эры, но тем не менее промежуток времени, протекший с начала неозойской эры до настоящего момента, был очень велик. Многие роды и виды животных, успевшие появиться в этот промежуток, существовали долгое время и затем вымерли. Поэтому всю неозойскую эру представляется возможным разделить на два периода и системы: *третичный* — характеризующийся по преимуществу уже вымершими в настоящее время животными, и *четвертичный* — заключающий как ныне живущих животных, так отчасти уже и вымерших.

Третичная система

Осадки третичной системы подразделяются на два отдела: нижний — *палеоген* и верхний — *неоген*. Первый, в свою очередь, подразделяется на три подотдела: *палеоцен*, *эоцен* и *олигоцен*, а второй — на *миоцен* и *плиоцен*. По линии рассматриваемого профиля третичные отложения начинаются от г. Курска и затем протягиваются вплоть до Черного моря.

К концу мелового времени море исчезает из Европейской части СССР, и последняя делается, подобно настоящему времени, сушей. Меловое море сохраняется до конца только в нижнем Поволжье, где оно постепенно перешло в третичное море. В остальной же Европейской части СССР в начале третичного времени была суша,

и море надвинулось на нее спустя некоторое время после начала палеогенового времени. Поэтому самых нижних морских слоев палеогена в южной части СССР нет.

Строение палеогеновых пластов лучше всего можно видеть в береговом обрыве р. Днепра (рис. 291).

Слои, которые не обнажаются непосредственно на дневную поверхность, достигнуты здесь глубокими буровыми скважинами.

На толщу палеозойской и мезозойской систем, пройденных скважиной на глубину 368 м, здесь налегают зеленовато-серые пески с фосфоритами, называемые бучакским ярусом. Выше залегают зеленовато-голубоватые глины и мергели, заключающие в себе остатки рыб и раковин моллюсков (*спондилюс*, *пектен*). Эти глины принадлежат к киевскому ярусу. Их можно видеть в самом осно-

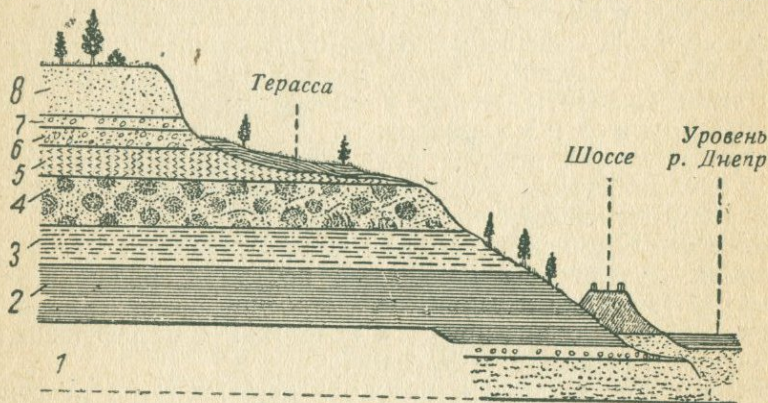


Рис. 291. Геологический профиль.

1— бучакский ярус; 2— спондиловая глина — киевский ярус; 3 — светлозеленые песчаники харьковского яруса; 4 — белые пески с янтарем полтавского яруса; 5 — пестрые пески четвертичного периода; 6, 7, 8 — ледниковые пески, морена и лёсс.

ванию берегового уступа. Отложения этого яруса широко распространены в Киевщине, откуда они и получили свое название. Поднимаясь выше, можно видеть, как на глины киевского яруса налегают светлозеленые песчаники следующего, харьковского яруса, продолжающиеся приблизительно до середины уступа. Эти песчаники с заключенными в них прослойками глин широко распространены в Харьковщине. Здесь среди отложений этого яруса были найдены громадные позвонки вымершего кита — *зейглонда*. Это было крупное, до 21 м длиной, животное, с большой длинной головой, с острыми зубчатыми зубами, имевшее две маленькие передние ноги, которыми оно пользовалось как плавниками; длинная голова его была усажена острыми зубами, вдоль спины проходил гребень из костных пластинок.

Выше песчаников харьковского яруса залегают белые мелкие пески, переходящие местами в песчаник. В этих песках попадает янтарь — окаменелая смола хвойных деревьев. Кверху пески переходят в пестроцветные глины. Подобные отложения распространены в Харьковщине, Киевщине, и, в особенности, в Полтавщине, откуда этот ярус и получил наименование *полтавского яруса*.

Поверх отложений третичной системы, достигающих здесь 140 м, слагая верхнюю часть берегового обрыва, лежат наносы четвертичной системы.

Отложения всех этих ярусов встречаются и по линии прослеживаемого профиля, но такого полного разреза их, как в Киеве, здесь нет. В г. Харькове палеогеновые пласты были обнаружены буровыми скважинами.

Море, занимавшее южную часть Русской равнины в палеогенное время, исчезает к концу этого отдела, и к началу неогена

Русская равнина опять становится сушей. Но к середине миоценового времени юг Европейской части СССР, от западных границ до восточных берегов Каспия, опять покрывается морем, проникшим из Средиземной области. В верхне-миоценовое время, благодаря горообразовательным процессам, на юге Европы происходит отделение северной и восточной частей этого Средиземного моря в самостоятельный бассейн — закрытое, внутреннее Сарматское море, распространявшееся от г. Вены на западе до Аральского моря на востоке (рис. 292). В силу некоторого опреснения, внесенного впадающими в него реками, воды Сарматского моря носили полуморской характер, и жившая в нем фауна отличалась бедностью по сравнению с морской фауной средиземноморских осадков (рис. 293, 294).

В конце миоценового времени сарматский бассейн сильно высох, и на освободившуюся от него сушу перешли из северной Африки и западной Азии в Европу слоны, носороги, трехпалая лошадь, жирафы, олени, антилопы, разные хищники и обезьяны; кости всех этих животных найдены в Греции (фауна Пикерми) и у нас в Новороссийском крае, около Севастополя в Крыму и в Закавказье.

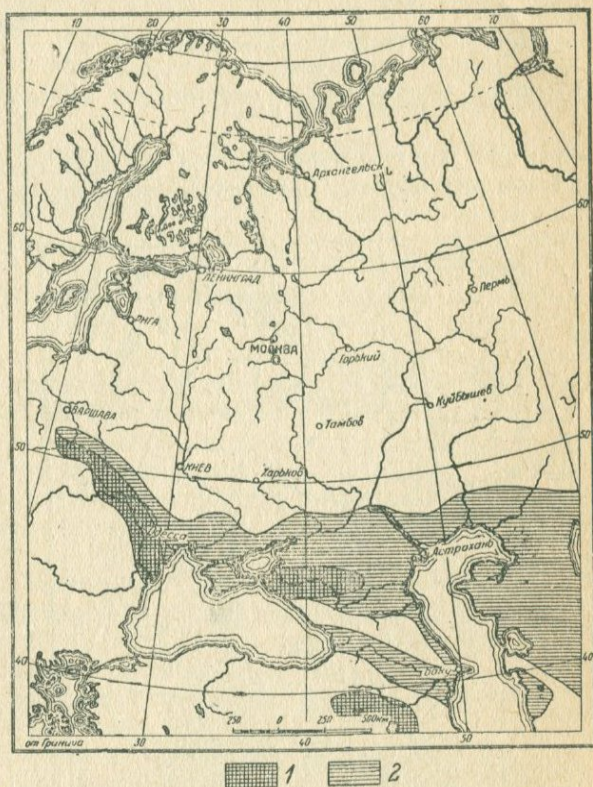


Рис. 292. Распространение средиземноморского и сарматского бассейнов в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 000. По Карпинскому,

1 — средиземноморский бассейн; 2 — сарматский бассейн.

Сократившееся в своем размере и еще более опресненное Сарматское море в этой своей стадии получило название Мэотиче-



Рис. 293. Руководящие окаменелости из сарматского яруса.

a, b, c — кардиум обсолетум (*cardium obsoletum*),
d — кардиум Фитони (*cardium Fittoni*).

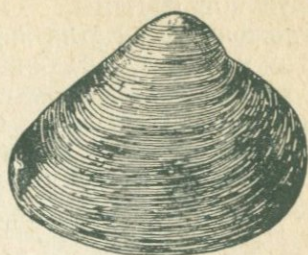


Рис. 294. Мактра пондероза (*Mactra ponderosa*).

ского моря, за сходство его по степени опреснения с современным Азовским морем, называвшимся в древности Мэотис.

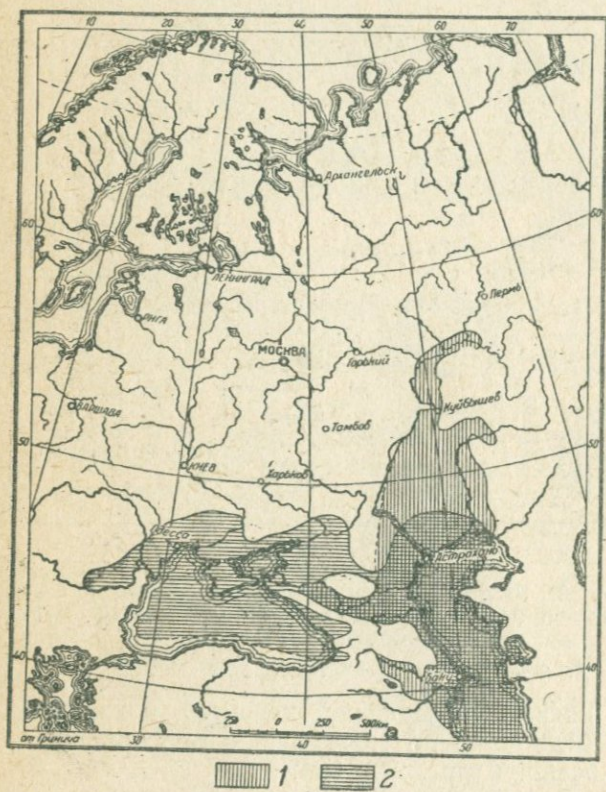


Рис. 295. Распространение понто-каспийского и акчагыльского бассейнов в Европейской части СССР. Масштаб 1 : 40 000 0' 0. По Карпинскому.

1 — акчагыльский бассейн; 2 — понто-каспийский бассейн.

В плиоценовое время происходит новое увеличение водного бассейна на юге СССР, получившего название понто-каспийского¹ бассейна (рис. 295). В отличие от миоценовых морей, воды которых имели более или менее полуморской характер, воды понто-каспийского бассейна являются сильно опресненными и приближаются по своей солености к водам современного Каспия. В водах этого моря развивается по преимуществу пресноводная фауна.

Осадки, отлагавшиеся на юге СССР во время существования понто-каспийского бассейна, состоящие по преимуществу из песков и глин с пресно-

¹ Понт — древнее название Черного моря.

водными раковинами, получили название *понтического* яруса, а время, соответствующее отложению этого яруса — *понтического* века.

В дальнейшем понто-каспийский бассейн сокращается и распадается на два бассейна: один из них — западный — занимает область современного Черного моря, выходя несколько за границы последнего, а другой располагается на месте современного Каспия, также превосходя последний своими размерами. Таким образом, возникают впервые бассейны Черного моря (Понт) и Каспия.

Каждый из этих бассейнов далее развивается самостоятельно почти до конца плиоцена. Бассейн Черного моря постепенно (сокращает свои размеры, и, по некоторым данным, к началу четвертичного периода уровень его опускается ниже уровня современного Черного моря.

Бассейн Каспийского моря, после отделения от Понто-Каспия, вначале сильно усыхает, по берегам его отлагаются континентальные наносы, свойственные полупустынному или даже пустынному поясу (содержащая нефть «балаханская» толща пород около г. Баку). Но затем воды этого бассейна увеличиваются и распространяются по всей Астраханской равнине, западной части Оренбургской области, местности, прилегающей к реке Волге, поднимаются к северу вплоть до бассейна р. Камы и доходят до долины притока ее — р. Белой, образуя здесь Болгарский залив. В этой своей стадии Каспийский бассейн получил название *Акчагыльского моря* (см. рис. 295), по имени местности на восточном берегу Каспия, где отложения этого моря впервые были найдены. После времени максимального развития Акчагыльское море начинает сокращаться и, пережив несколько стадий, постепенно приближается к границам современного Каспия.

Горообразовательные процессы. После усиленного проявления горообразовательных процессов в конце палеозоя в течение всей мезозойской эры на земле наступило относительное спокойствие. Хотя горообразование также совершалось в течение мезозойского времени, но горообразовательные процессы были местными и не распространялись на все материки.

В третичный период наблюдается усиление горообразовательных процессов, причем они снова распространяются почти на все материки.

Кавказский хребет и Крымские горы начали образовываться еще в юрский период, рост их продолжался в течение мелового периода, но полное формирование этих гор совершилось только в третичное время.

В западной Европе в третичный период происходит поднятие Альп и Пиренеев, Аппенин и Карпат. В Северной и Южной Америке горообразовательные процессы происходят в Кордильерах и Андах. В Азии возникают некоторые горные цепи Таджикистана, Гималаи, в Африке — Атласские горы. Одновременно с горообразовательными процессами развиваются вулканические явления, которые в СССР особенно сильно проявились на Кавказе (вулканы Эльбрус, Казбек) и на Армянском плоскогорье, где обширные лавовые потоки покрывают почти сплошь всю местность.

Фауна и флора. Фауна третичного моря резко отличается от фауны морей мезозойского времени. На первом месте среди животных в третичном море нужно поставить корненожки, которые во второй раз в земной истории получают господствующее распространение среди морских организмов, но представлены они здесь уже совершенно другими родами, чем в каменноугольное время. Господствующей формой среди третичных отложений являются *нуммулиты*, имеющие форму монеток (*nummus* — монета) и достигающие местами гигантской для корненожек величины серебряного рубля (рис. 296). Эти животные в таком количестве скопляются на морском дне, что из них образуются пласты до двадцати и более метров мощности. К середине третичного времени эти животные исчезают так же внезапно, как и появились.



Рис. 296. Нуммулит. Поперечный разрез.

Очень сильно размножаются кораллы, рифовые постройки которых слагают целые горы в Альпах, Пиренеях, в Крыму. Много также морских ежей, пластинчатожаберных, брюхоногих. Из рыб господствуют костистые рыбы, а из водных млекопитающих — китообразные, тюлени.

Точно так же резко изменился наземный растительный и животный мир. Появившиеся в меловое время двудольные быстро размножаются и становятся преобладающими растениями на земной поверхности. Растительность, находящаяся в средних широтах Европы, показывает, что климат ее в третичное время, после ухудшения в конце мезозойского времени, снова сделался теплым и в палеогеновое время носил все черты тропического климата. Из палеогеновых отложений в ископаемом состоянии встречаются пальмы веерные и кокосовые, магнолии, платаны, мирты, тюльпановые деревья, лавры, таксодии и др. Во вторую половину третичного времени климат Европы начинает ухудшаться и к концу неогенового времени ничем не отличается от настоящего. Пальмы и вечнозеленые растения исчезли и их заменили дуб, бук, клен, вяз, тополь, ива, береза и другие растения, которые почти все и сейчас растут в тех же местностях.

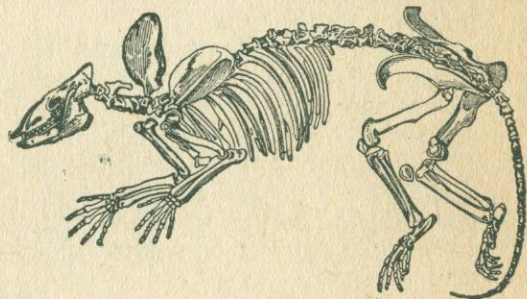


Рис. 297. Фенакодус.

Разнообразные пресмыкающиеся, заселявшие материки в мезозойское время, в конце мелового периода вымирают, и от них в третичный период переходят лишь немногие формы: крокодилы, черепахи, ящерицы, змеи. Место исчезнувших рептилий занимает класс млекопитающих животных.

Млекопитающие, находимые в наиболее глубоких слоях палео-

гена, хотя и представлены уже плацентарными животными, но все еще являются примитивными типами с признаками, одновременно свойственными плотоядным, копытным и полуобезьянам. Так например найденный в эоценовых отложениях Северной Америки *Фенакодус* (рис. 297), величиной с собаку, считающийся по строению черепа предком лошадей и по внешнему виду очень мало похожий на них, по строению своих зубов являлся не только травоядным, но и плотоядным животным. У древнейших хищных не хватает клыков, появившихся у плотоядных значительно позднее. Один из древнейших их представителей *арктоцион* имел зубы, сходные с зубами современной свиньи. Эоценовые полуобезьяны обнаруживают много сходства с хищными, насекомоядными и копытными.

По словам одного из знатоков первобытных млекопитающих — Циттеля — «если бы было возможно вдохнуть жизнь в тела эоценовых животных и поместить их среди современных млекопитающих, то едва ли кому-либо из зоологов удалось бы разместить первобытных насекомоядных, плотоядных, примитивных копытных и полуобезьян в системе современных животных, хотя они несомненно являются предками этих четырех, впоследствии резко обособившихся групп».

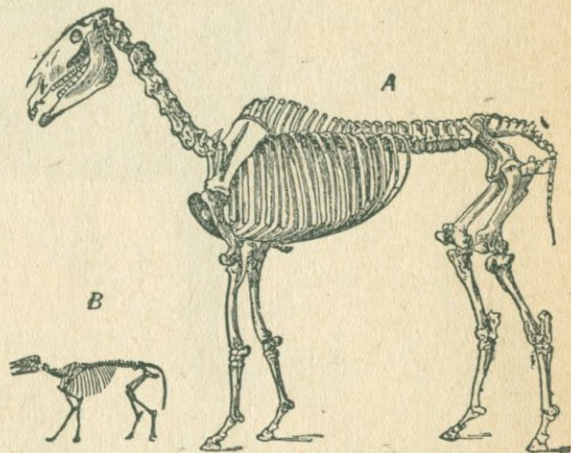


Рис. 298. Скелет современной лошади (А) и ее карликового древне-третичного предка — эогиппуса (В).

Обособление форм однако совершается быстро и в верхних слоях палеогена, а в особенности в неогеновых отложениях, царство млекопитающих разбивается на громадное количество самостоятельных родов и видов.

Фенакодус (см. рис. 297) имел 5 пальцев, из которых опирался главным образом на три. У следующей по времени формы — *эогиппус* (рис. 298) 4 пальца на передней и 3 пальца на задней ноге; у жившего в начале неогена *анхитерия* на ногах сохраняются три пальца, но животное опиралось только на средний, который и развивался больше других; у боковой ветви лошадиных — *гиппариона* (рис. 299), встречающегося в отложениях конца неогена, боковые пальцы наблюдаются только в качестве зачаточных образований, тогда как у современной лошади исчезают совершенно.

Из других непарнокопытных в палеогеновых отложениях часто встречается *палеотерий*, похожий на современных тапиров (рис. 300).

В палеогене появились предки парнокопытных, хищных, хоботных, китовых, носороговых, приматов. Из отряда хищных отличался своей величиной и громадными клыками *махайродус*, живот-

ное из породы кошек, но превосходившее по величине тигра (рис. 301). Среди носороговых, наряду с маленькими формами, с овцу величиной, были гиганты, превосходившие по своим размерам слона; скелет одного из этих гигантов — *индрикотерия* — хра-



Рис. 299. Гиппарион.

нится в Геологическом музее Академии наук (рис. 302). Из хоботных — *мастодонт* имел большое сходство со слоном; он был снабжен 4 бивнями: по два в нижней и верхней челюсти (рис. 303). *Динотерий* превосходил по размерам современного слона; два

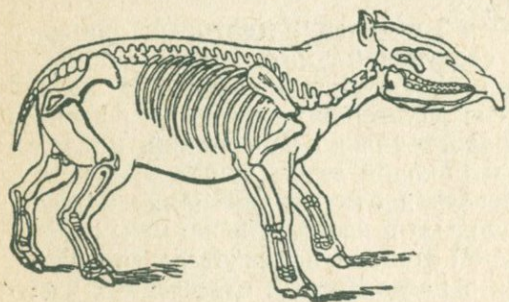


Рис. 300. Палеотерий.

больших бивня, загнутые вниз, как у моржа, выходили у него из нижней челюсти (рис. 304). Во вторую половину третичного периода появились почти все роды и виды млекопитающих, существующие и в настоящее время; но многие из них принадлежат уже к вымершим формам. Так например исчезли мастодонт и динотерий из отряда хоботных; вымер *сиватерий*, жи-

вотное из семейства жирафов, но с громадным черепом, почти не уступавшим по размеру черепу слона (рис. 305); череп его был укра-

шен двумя парами рогов; исчез тапирообразный палеотерий, целый ряд видов носорогов и т. д.

Почти все современные птицы появляются в третичный период: Развитие их, начиная с юрского периода, представлено на рис. 306.

Среди многочисленных ветвей, на которые разбился в третичное время корень млекопитающих животных, еще в эоцене появилась ветвь приматов, из которой впоследствии произошел человек. Эоценовые приматы еще очень низко организованные, неболь-

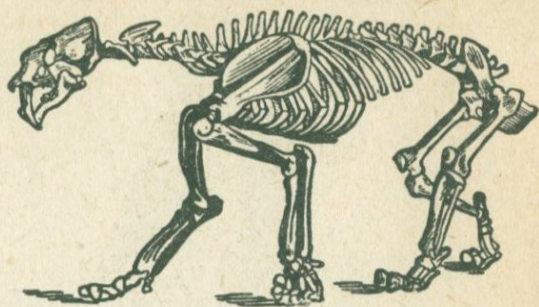


Рис. 301. Махайродус.

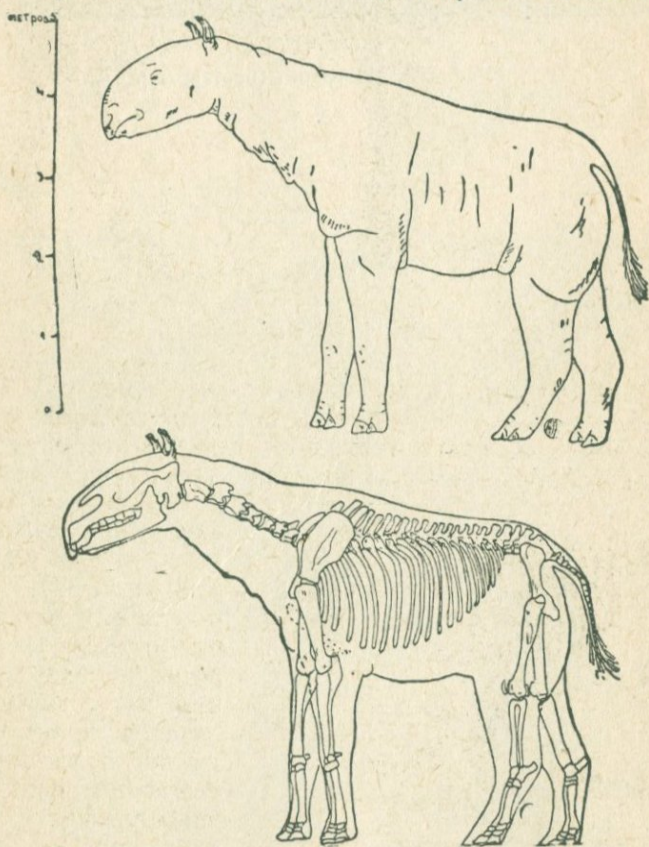


Рис. 302. Индикотерий. Реставрация и скелет. (По А. А. Борисяку.)

шие животные, имевшие много признаков, общих с другими классами млекопитающих. По внешнему виду они походят на хищ-

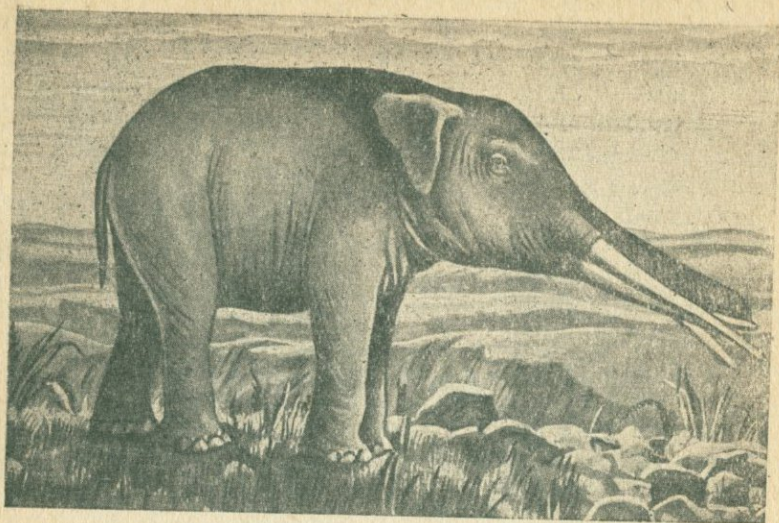


Рис. 303. Мастоdont (реставрация).

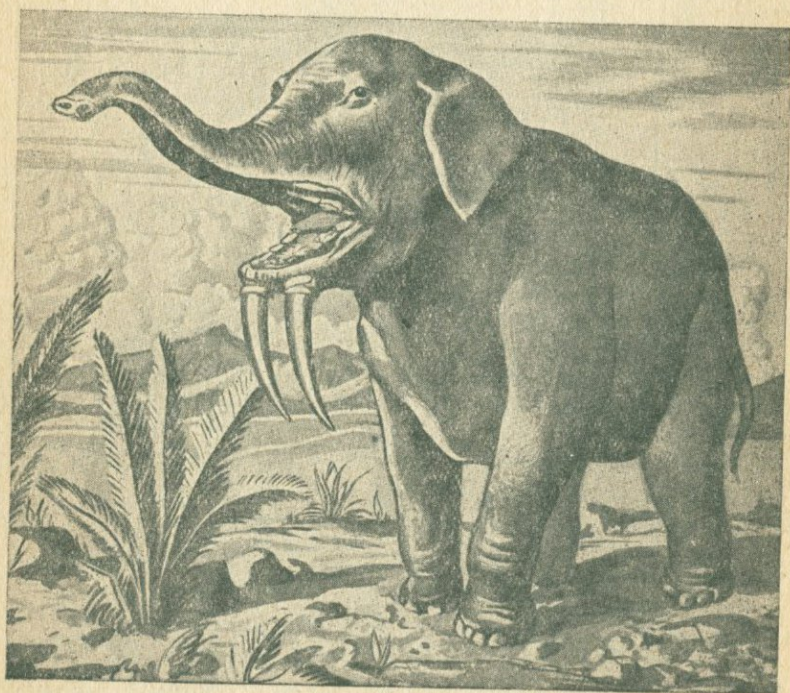


Рис. 304. Динотерий (реставрация).

ников или грызунов; строение их конечностей сходно со строением конечностей первобытных копытных животных. В настоящее время ближе всего к этим приматам стоят полуобезьяны, или лемуры (см. рис. 340), живущие на о. Мадагаскаре, в восточной Африке и на Цейлоне. С миоценового времени встречаются находки настоящих обезьян, причем уже с этого времени наблюдается деление их на две группы: плосконосые обезьяны, встречающиеся в Америке, и узконосые — в Евразии. Оба семейства узконосых обезьян, как низшие — собакоподобные, так и более высоко организованные — человекоподобные, встречаются в неогеновых отложениях Евразии (см. рис. 340).

Полезные ископаемые. Третичные отложения на северном и южном склонах Кавказского хребта богаты залежами нефти. На

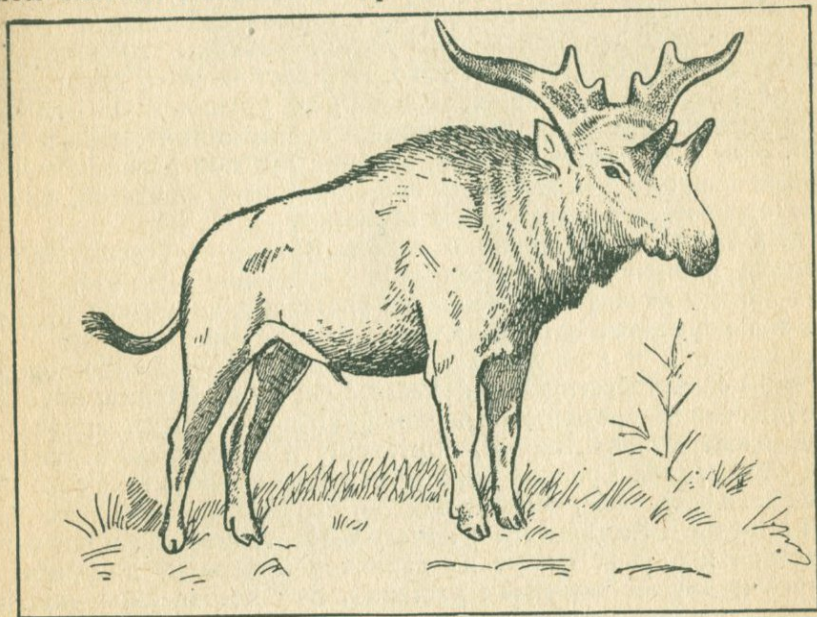


Рис. 305. Сиватериум.

северном склоне нефть встречается отдельными участками вдоль всего хребта, начиная от Таманского полуострова на западе и до Дагестана на востоке. Наиболее значительные местонахождения нефти на северном склоне Кавказа находятся около г. Грозного. На южном склоне Кавказского хребта нефть известна в Армении, в Грузии, но главное местонахождение ее находится в Азербайджане на Апшеронском полуострове возле г. Баку. Нефть залегает здесь в олигоценых отложениях на глубине от 100 до 600 м и добывается буровыми колодцами.

Четвертичная система

Постепенно освобождаясь из-под вод моря, поверхность Европейской части СССР к началу четвертичного периода становится сушей и принимает в своих очертаниях современный вид. Но суша

не остается постоянной. Под влиянием геологических процессов она непрерывно изменяется. Поверхность Русской равнины, характер покрывающих ее поверхностных осадков, почва, распределение озер и рек, растительный и животный мир в начале четвертичного периода были иными, чем в настоящее время. Современный вид Европейской части СССР, ее рельеф, ландшафты и распределение растительного и животного царства выработались под влиянием геологических процессов, совершавшихся на пространстве Русской равнины в течение всего четвертичного периода.

Эти процессы в различных частях Русской равнины были не одинаковы. Одни ее области были покрыты ледником, другие же оставались свободными от ледникового покрова. В северной половине ледник неоднократно наступал и отступал; в большей части средней полосы СССР ледник был только однажды. В то время как северная и средняя части Русской равнины то покрывались льдом, то освобождались от него, юго-восточная то погружалась и затоплялась морем, то выходила из-под уровня его. Влажный и холодный климат на севере сменялся сухим климатом на юге.

В силу этого геологическая история Русской равнины в четвертичный период не может быть общей для всех ее частей, а должна рассматриваться по отдельным областям.

А. Области, бывшие подо льдом. В течение всего третичного времени происходило постепенное ухудшение климата. Тропический климат начала палеогенового времени к концу его и к началу неогена переходит в подтропический; в течение неогена делается умеренным, а к концу его становится даже умеренно-холодным. Об этом свидетельствуют ископаемые остатки растений, находящихся в отложениях третичного периода. Пальмы, лавры, аралиевые и сандаловые деревья, лианы, обитавшие и находимые в палеогеновых отложениях Средней Европы, в конце неогена в тех же широтах сменяются елью, сосной, пихтой, березой. В отложениях западной Англии, относящихся к началу четвертичного периода, найдена типичная полярная флора из карликовой березы, полярной ивы, дриады и других полярных растений. Это постепенное ухудшение климата привело к тому, что в северных широтах и на высоких горах стало скопляться очень много снега, который, спрессовываясь под своей собственной тяжестью, превратился в лед. В Европе больше всего льда образовалось на Скандинавских горах. Плоские платообразные вершины этих гор скопляли на себе большое количество снега, который, благодаря высоте этих гор, не успевал растаивать в течение короткого лета и, увеличиваясь из года в год, дал начало большим массам льда. Последние не остались на месте, а стали расползаться во все стороны. На севере и северо-западе льды попали в океан и Северное море, некоторое время двигались по их дну, но затем, в силу того, что лед легче воды, взламывались и всплывали в форме айсбергов, покрывших Полярное море и Атлантический океан на большом протяжении. Льды, устремившиеся на юго-запад, достигли северной Франции, Бельгии; к югу они распространились по Дании, Голландии, по северной и средней Германии; в юго-восточном направлении они заняли Польшу, среднюю и северную часть СССР, распространившись по

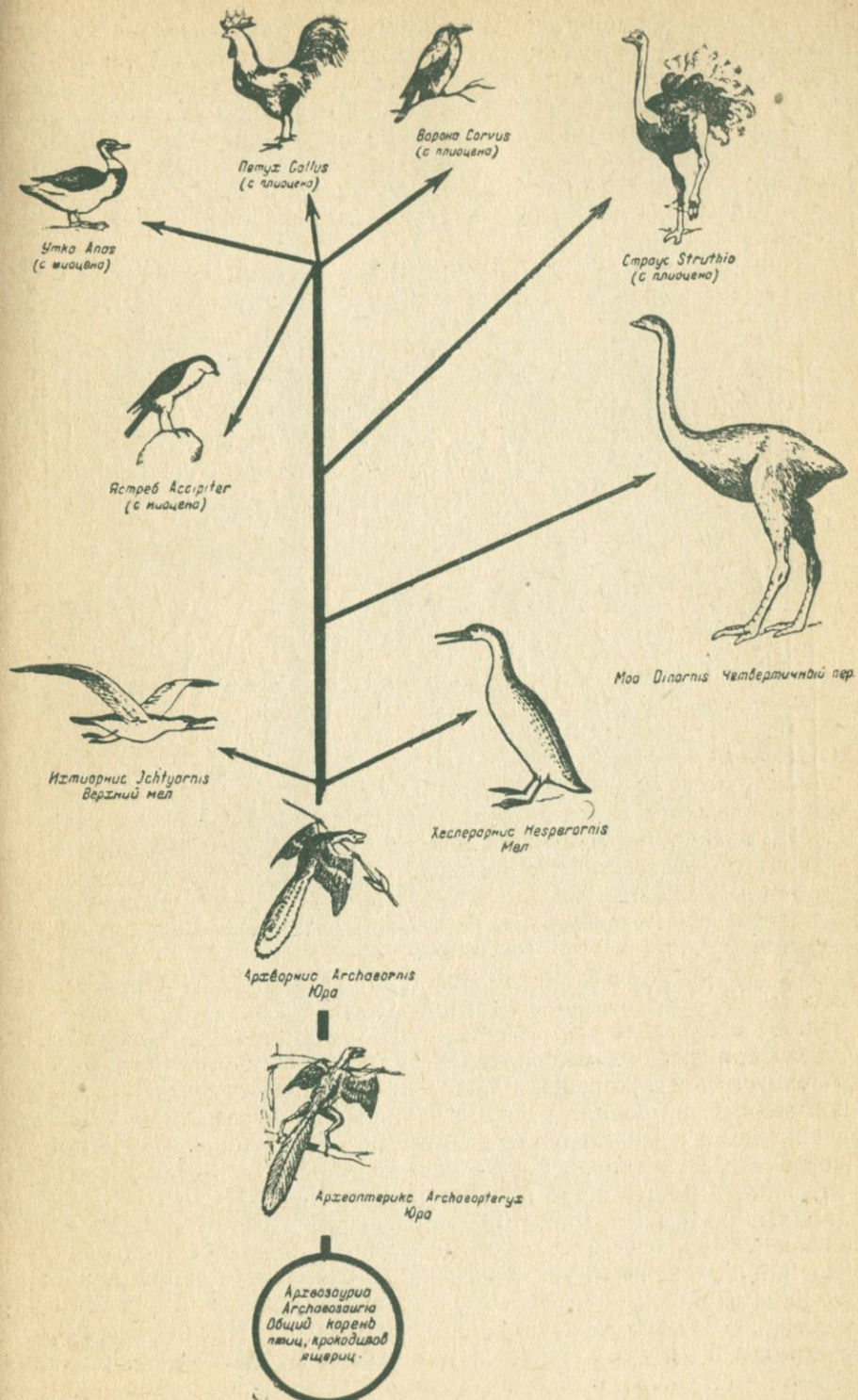


Рис. 306. Развитие птицы.

Днепру до Херсонщины и по Дону — до Усть-Медведицы. Часть Средне-русской возвышенности, расположенная между Днепром и Доном, к югу от Орла и Тулы, осталась вне ледникового покрова. На востоке граница ледника прошла по западному склону Приволжской возвышенности, около Горького она перешла Волгу и отсюда через левобережные области распространилась до Урала (рис. 307), последний был покрыт ледником с севера до 62° северной широты. В Сибири под льдом была северная часть бассейнов р. Оби и Енисея.

Одновременно ледники возникли на высоких горах и в более южных широтах. Альпы были вторым большим центром оледенения.

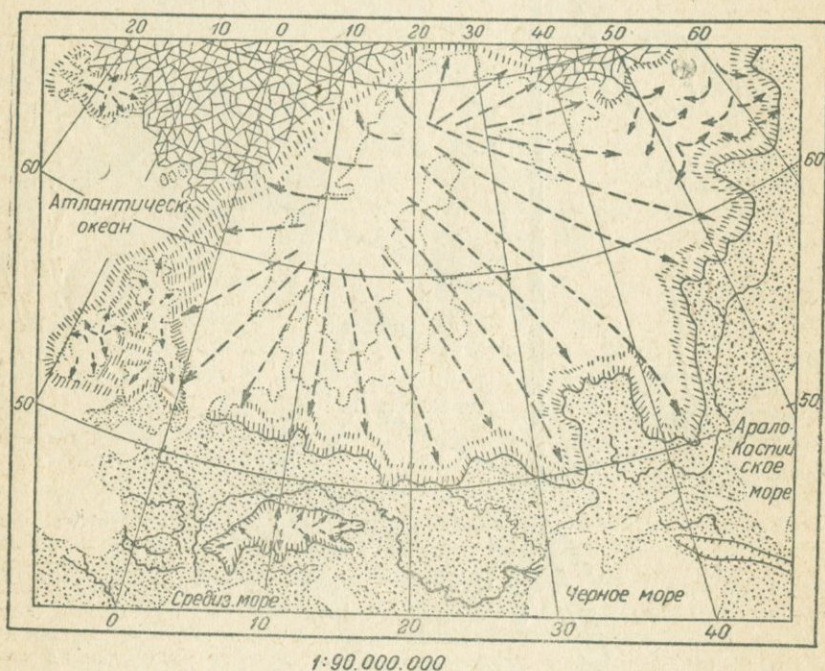


Рис. 307. Область бывшего оледенения в Европе. Масштаб 1:40 000 000. По Кейзеру.

ния в Европе. Образовавшиеся на них льды спустились на севере до г. Базеля и Мюнхена, на юге проникли в северо-итальянскую низменность, на западе распространились несколькими обширными ледниковыми языками внутрь Франции. Точно так же ледники существовали в Пиренеях, Карпатах и на Кавказе. В последних горах они занимали хоть и не столь обширное распространение, как в Альпах, но тем не менее большая часть главного Кавказского хребта находилась подо льдом, и ледниковые языки низко спускались как на северном, так и на южном склоне. В долине р. Кубани ледниковый поток спускался до 1900 м над уровнем моря, а по направлению Военно-Грузинской дороги огромный ледник кончался, не доходя 5 км до местности, где теперь находится г. Орджоникидзе.

Обширные ледники образовались в горах Азии. На Алтае ледники спускались до 360 м над уровнем моря. Значительные области оледенения были в Тянь-Шане, Гималаях, в Саянах, в Становом и Яблоновом хребтах. В Северной Америке ледниковый покров охватил площадь еще большую, чем в Европе; все Британские владения и США до 38° сев. широты были подо льдом. Вся цепь Анд в Южной Америке была окована льдом, размеры которого достигли особенно большой величины в Патагонии. В Австралии и Новой Зеландии ледники занимали значительно большее пространство, чем теперь. Даже величайшие вулканы Африки — Кения и Килиманджаро, расположенные под самым экватором, были покрыты льдом (рис. 308).

Все это указывает на то, что ледниковый период был не только в Европе, но ухудшение климатических условий в это время произошло на всем земном шаре, не исключая и тропических областей. Во всех этих местностях к настоящему времени ледники давно уже исчезли совсем, или же уцелели на наиболее высоких горах, приняв небольшие размеры современных горных ледников. Но на земном шаре есть местности, где ледники сохранились и по настоящее время на громадных пространствах, и по ним мы можем представить себе картину былого оледенения, покрывавшего в ледниковый период северную и в значительной мере среднюю часть СССР. Такими местностями с обширными ледниковыми покровами являются Южный антарктический материк и остров Гренландия. Ледниковый покров на антарктическом материке еще мало изучен; более исследованным является гренландский ледник. По своим размерам последний равняется половине площади былого оледенения северной и средней Европы.

Современное оледенение Гренландии. Гренландский ледник имеет форму выпуклого щита, покрывающего Гренландию от моря до моря и скрывающего под собой все формы рельефа этого острова, за исключением лишь крайней прибрежной полосы. Сведениями о внутренних частях этого ледника мы обязаны главным образом Нансену, который пересек его поперек на лыжах. В продолжение трех недель шел он по снеговому полю, поверхность которого по большей части была гладка, как зеркало: «ни одного камня, почти ни одной пылинки не было видно на этом необъятном пространстве». Совершенно незаметно ледяная поверхность приподнимается от края на берегу моря по направлению к центральной части острова. Высшая точка этого ледяного щита лежит на высоте 2700 м. Толща льда здесь достигает 1800 м. Если бы удалить с поверхности Гренландии слой льда, то этот остров превратился бы из самой высокой, после центральной Азии, страны в невысокий остров, поднимающийся в своих наиболее возвышенных пунктах около 1200 м над уровнем моря.

К окраинам лед делается тоньше, и в большей части острова льды не доходят до моря, в силу таяния; благодаря этому между морем и льдом, в особенности летом, образуется полоса, где материкового льда нет. Но местами внутри глубоких заливов — фиордов — ледниковый покров спускается непосредственно к морю, образуя при этом обширные, мощные ледниковые языки.

Береговая полоса в Гренландии в большей своей части не покрыта материковым льдом. На западной стороне Гренландии свободная ото льда полоса достигает в ширину до 200 км. В начале четвертичного периода размеры ледникового покрова в Гренландии, как и всюду, были значительно больше, и тогда вся Гренландия находилась под покровом льда. Сокращение последнего до настоящих размеров вызвало отступление льдов и освобождение от них прибрежной полосы. Благодаря этому в области последней можно на-

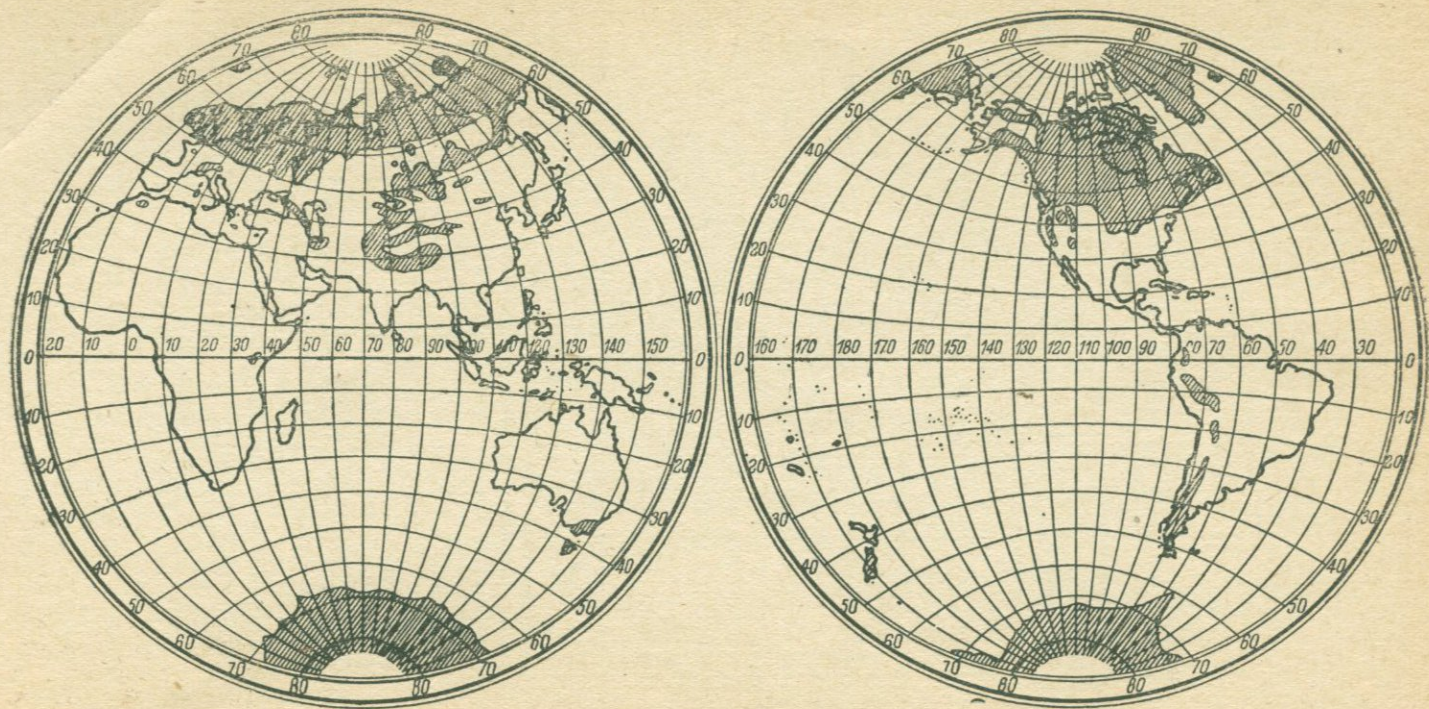


Рис. 308. Области оледенения в ледниковый период в западном и восточном полушариях (покрыты косой штриховкой).
 Масштаб 1:22)000 000. По Кеппену и Вегенеру.

блюдать результаты выпахивающей деятельности отступившего ледника и изучать образованные им формы рельефа.

Прежде всего бросаются в глаза резко заметные и на карте, длинные, глубокие, узкие заливы — фиорды. Склоны таких фиордов отвесны, а дно — плосковогнуто. В общем по форме они напоминают глубокое корыто. Породы, образующие склоны, оглажены, нередко имеют продольные карнизообразные уступы; изредка со дна фиордов выступают скалы с мягкими овальными очертаниями. Своим происхождением фиорды обязаны выпахивающей деятельности ответвляющихся от материкового льда ледниковых языков, внешнюю форму которых они отпечатали в своем каменном дне и на склонах.

Все возвышенности в области, освободившейся из-под льда, носят мягкие овальные контуры; многие из гор получили подушкообразный характер, поверхность их оглажена, часто покрыта настолько совершенной полировкой, что лучи солнца отражаются от нее, как от зеркала. Одна форма скал — бараний лоб — особенно часто встречается в таких местностях. Вытянутые все в одном направлении, совпадающем с движением льда, имеющие форму полуовала с боков, с пологим округленным краем на одном конце и с крутым — на другом, они придают всему ландшафту строго выдержанный характерный вид. Пологий, окатанный край бараньих лбов обращен навстречу двигавшемуся льду, крутой обрывистый, направлен в противоположную сторону. Поверхность бараньих лбов также хорошо оглажена и нередко несет на себе шрамы и ледниковую полировку. Эта форма скал представляет наименьшее сопротивление поступательному движению льда, почему она и преобладает среди возвышенностей выпаханного ландшафта. Можно сказать, что ледник всем встреченным им на пути горам и возвышенностям стремился придать форму бараньих лбов.

Наряду с оглаженными возвышенностями в прибрежной полосе Гренландии встречаются и впадины, обусловленные выпахивающей деятельностью льда. Обычно эти впадины заполнены снегом и льдом, но летом они превращаются в удлиненные озера, с направлением также по линии движения ледника. Дно таких впадин часто состоит из коренных горных пород, так же оглаженных и отполированных, как и поверхность выпуклых форм рельефа. Такие озера находятся на различных уровнях, и часто два соседних озера, разделенные узкой скалой, переливаются одно в другое, как вода в расположенных ступенями тарелках.

Влияние оледенения на земную поверхность Северо-Западной Европы. Если от современного ледникового покрова Гренландии обратимся к исчезнувшему европейскому леднику, то мы увидим, что геологическая деятельность последнего должна была быть не менее значительна. Центром европейского ледника были Скандинавские горы, поднимающиеся на 2000 м над уровнем моря; и теперь на плоских вершинах этих гор имеются ледники, достигающие 900 кв. км (Юстедальсбре). Незначительного понижения годовой температуры — на 5° — было бы достаточно для того, чтобы эти ледники разрослись и слились в один сплошной ледниковый покров, массы которого заняли бы всю Северную и Среднюю Европу. Если допустить, что толщина европейского ледника была равна толщине льда в Гренландии, то общая высота Скандинавских гор, вместе с покрывавшим их ледниковым покровом, должна была бы возрасти до 4000 м. Течение ледников с такой высоты должно было совершаться с большей скоростью, чем движение гренландского льда, и поэтому выпахивающая работа европейского ледникового покрова должна быть сильнее.

Фиорды. Действительно, берега Скандинавии, обращенные в сторону Атлантического океана, более изобилуют фиордами, чем побережье Гренландии. Многие скандинавские фиорды имеют в длину

более 100 км; глубина их подводной части достигает 200—300 м, а в некоторых случаях доходит до 1000 м. В главные фиорды впа-

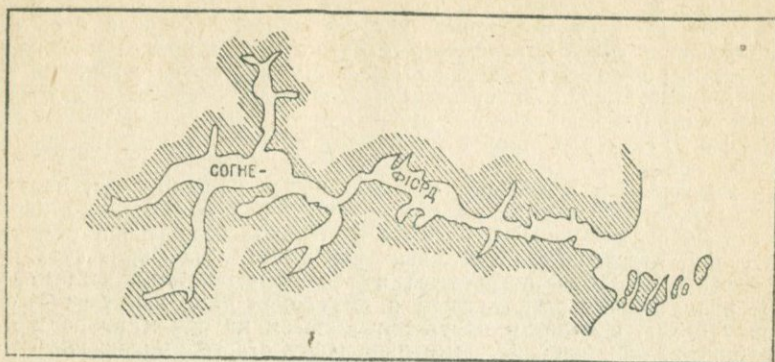


Рис. 309. План Согне-фиорда.

дают боковые фиорды, отчего фиорды в плане получают ветвистую форму (рис. 309).

Корытообразные впадины фиордов продолжаютя и в морском



Рис. 310. Согне-фиорд.

дне; это указывает на то, что во время существования здесь ледников суша была выше и что впоследствии произошло опускание суши, благодаря чему морские воды получили доступ в корыто-

образные впадины фиордов и превратили их в морские заливы (рис. 310).

Фиорды встречаются не только на западной стороне Скандинавии, но и на севере и северо-востоке — на Кольском полуострове. Только в силу более низкого положения здесь суши они не обставлены такими высокими склонами, как норвежские фиорды. На северных берегах Онежского и Ладожского озер также имеются небольшие фиорды.

Деятельность ледника в области Финляндского кристаллического массива. Ледник, спустившись со Скандинавских гор и перейдя в

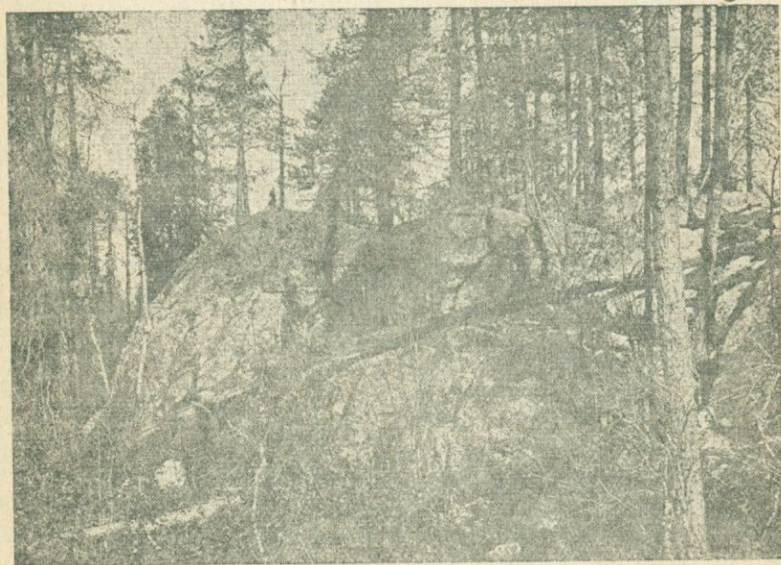


Рис. 311. Оглаженные ледником подушкообразные скалы на Кольском полуострове.

юго-восточном направлении мелководное Балтийское море, встретил на своем пути невысокий выступ из архейских кристаллических горных пород в области Финляндии и прилегающей к ней части Карелии. Поверхность этого выступа состоит из небольших возвышенностей и впадин. Средняя высота выступа измеряется около 150—200 м над уровнем моря, а в северо-западной части местность поднимается до 600—700 м. Встретив на своем пути это препятствие, ледник оказал на него сильное выпаживающее действие. Несмотря на то, что впоследствии наносы в значительной мере выровняли эту местность, все-таки и теперь в ней почти на каждом шагу встречаются округленные ледником возвышенности, подушкообразные скалы (рис. 311), курчавые скалы, бараньи лбы; поверхность слагающих эти формы рельефа горных пород часто сглажена, покрыта полировкой и шрамами. Наряду с возвышенными формами рельефа, обработанными ледником, в большом ко-

личестве встречаются впадины и углубления, выпавшие в коренных горных породах: гнейсах и гранитах. Эти каменные чаши в настоящее время заполнены водой и превращены в озера, за обилие которых Финляндию называют «страной тысячи озер». Не все озерные ванны здесь выпавшего происхождения, но те из них, которые имеют вытянутую форму и протяжение NW на SE, параллельное шрамам и бараньим лбам, обладают скалистым оглаженным ложем, лежат бок-о-бок на различных уровнях, будучи часто отделены друг от друга сравнительно незначительными каменными перегородками, — все такие озера обязаны своими ваннами деятельности ледника.

В силу того, что в области Фенно-Карелии ледник совершал главным образом выпавивающую работу и выпавиванный материал уносился им отсюда далее к югу до Днепропетровска на Днепре

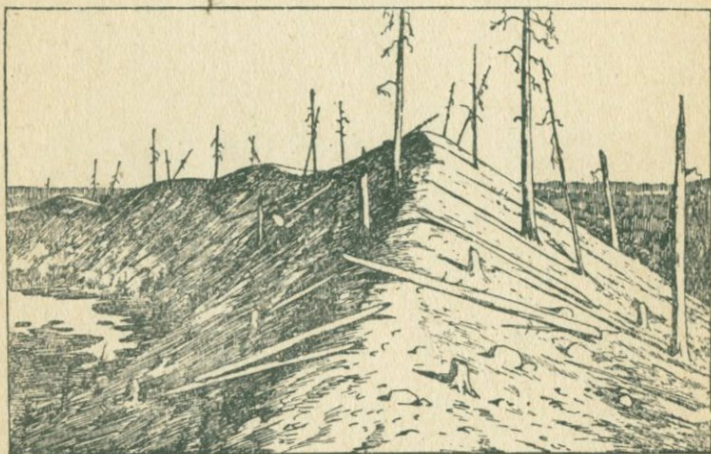


Рис. 312. Оз в Карелии.

и Усть-Медведицы на Дону, — моренных отложений в Фенно-Карелии встречается мало. Из моренных отложений здесь образованы две возвышенности, имеющие форму валов, протягивающихся параллельно друг другу по южной и восточной Финляндии и с перерывами проходящих до Белого моря. Обе эти возвышенности представляют конечные морены, называемые *сальпаусельками*.

Кроме того часто встречаются здесь еще длинные, узкие и высокие валы, по форме напоминающие высокую железнодорожную насыпь, известные под именем *озов*. Последние сложены из отложений подледниковых вод, по преимуществу из гальки и песка, и происхождение их до сих пор не совсем выяснено. Некоторые озы тянутся на протяжении десятков километров, при высоте в 10—20 м и ширине в несколько десятков метров. Гребень их часто настолько узок, что по нему едва умещается пешеходная дорожка (рис. 312). Наиболее известными озами являются оз Пункахарью, пересекающий озеро Пурувеси, Кейсар-оз около Кангасала на се-

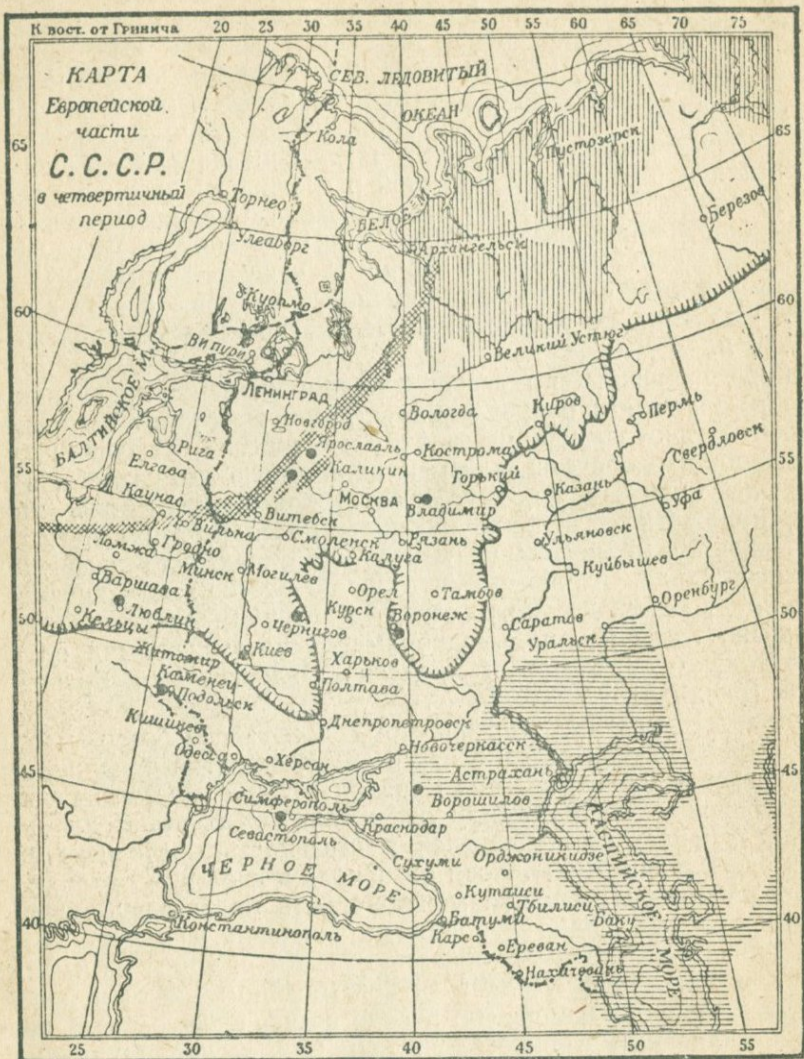
вере Финляндии, оз Секиле — неподалеку от Або и оз под г. Петрозаводском.

Продвижение ледника на Русской равнине. Спустившись с Финляндского кристаллического щита, ледник перешел в область Русской равнины. Северо-западная часть этой равнины имеет высоту в 40—50 м над уровнем моря; далее к средней полосе СССР местность поднимается, средняя высота всей Русской равнины достигает 160—200 м. Наиболее высокую часть равнины составляет Средне-русская возвышенность, протягивающаяся от границы Ленинградской и Московской областей в среднюю и южную полосы СССР, между бассейнами рек Днепра и Дона. Средняя высота этой возвышенности определяется в 240—280 м, наивысшая точка ее лежит в Валдайских горах на высоте 329 м. Валдайская возвышенность в значительной мере слагается из моренного покрова, и если бы последний был снят, то поверхность Валдайских гор понизилась бы на 60—80 м.

Распространившись по северо-западной низменности, ледник далее в юго-восточном направлении встретил местности неодинаковой высоты; центральная часть этой местности — Средне-русская возвышенность — представляла меридиональную выпуклость, а местности, лежащие с той и другой ее стороны, имели более пониженное положение. Хотя это различие по высоте и невелико — около 100—120 м, но тем не менее оно определило дальнейшее продвижение льда. По обе стороны Средне-русской возвышенности ледник продвинулся далеко на юг, образовав Днепровский и Донской языки, тогда как по Средне-русской возвышенности он мог пройти только до северных пределов Орловского и Брянского районов (рис. 313).

Вместо неровностей Финляндского кристаллического массива ледник в области Европейской части СССР встретил равнину, вместо твердых гранитов и гнейсов Карелии — рыхлые и мягкие глины, песчаники и известняки. В силу отсутствия препятствий для продвижения ледника выпахивающая деятельность последнего проявилась здесь очень слабо. Хотя он вбирал в свое дно поверхностные горные породы, как это можно судить по составу отложенной им морены, но следов глубокого выпахивания, в форме больших рытвин или озерных ванн, в области Русской равнины не имеется. Наиболее значительная Валдайская возвышенность хотя и пострадала от ледникового напора, но в силу незначительности ее подъема и сложения из мягких осадочных пород, легко принимающих формы, наименее препятствующие движению льда, она не несет на себе сколько-нибудь значительных следов ледникового выпахивания.

В восточном направлении ледник, двигавшийся со Скандинавских гор, встретился с ледниками, расползавшимися с Новой Земли и с северной части Уральского хребта. Хотя последние горы и не представляют значительных возвышенностей (высота Новой Земли в среднем около 700 м, а высшие точки северного Урала: Тельпос-из — 1656 м и Константинов Камень — 554 м), но тем не менее и на этих высотах образовались самостоятельные центры оледенения, с которых ледники сползали во все стороны,









- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---|
|  | Область Арало-Каспийской трансгрессии |  | Область бореальной трансгрессии |
|  | Гряды холмистого моренного ландшафта |  | Граница оледенения |
|  | Конечные моря |  | Стаянки доисторического человека древнекаменного века |

Рис. 313. Карта местности Европейской части СССР в четвертичный период
Масштаб 1 : 80 000 000. Составлена автором.

как это показывает распространение в морене валунов новоземельских и уральских горных пород.

Ледники, спустившиеся с Н. Земли и Урала, при своем распространении к западу и к юго-западу слились с главным ледником, спускавшимся со Скандинавских гор.

Наносы, оставленные ледниками в средней части Русской равнины. Достигший пределов своего распространения на юге и юго-востоке ледниковый покров некоторое время оставался здесь, и нижний конец его не сдвигался с места. Во время пребывания у своих южных пределов ледник отложил здесь обширные валообразные конечные морены, а впереди их — песчаные зандровые

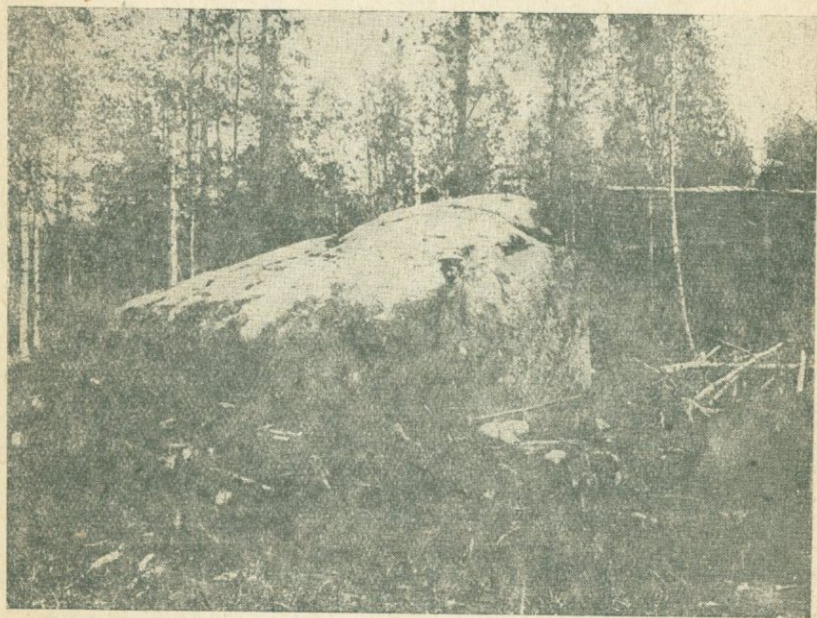


Рис. 314. Ледниковый валун в окрестностях Ленинграда.

поля. Геологические процессы последующего времени уничтожили в большей части южной границы ледника валы конечных морен и покрыли позднейшими наносами зандровые области. Но остатки их местами еще сохранились в Вольни и Подолии, в Полтавщине и Днепропетровщине, в Россошинском районе и по Дону.

За максимальным продвижением ледника, в силу улучшения климата, началось сокращение ледникового покрова. Благодаря таянию ледника находившиеся в нем морены отлагались, и на месте бывшего ледника остался слой принесенного им из северных областей наноса. Последний чаще всего состоит из бурой глины, в которой на различном расстоянии друг от друга, то часто, то редко, попадаются валуны из кристаллических горных пород, развитых

в Скандинавии, Финляндии и Карелии. Валуны достигают различных размеров: от кулака до 1—2 м в диаметре (рис. 314). Какой величины достигают принесенные льдом камни — можно судить по тому, что один из наиболее крупных памятников в Ленинграде — Петра I — стоит на каменном пьедестале, высеченном из ледникового валуна.

Некоторые из пород, слагающих валуны, очень характерны и легко узнаются; к числу таковых принадлежат — финляндский рапакиви, кварцевый порфир с острова Гохланда, малиново-красный кварцит из Карелии и нефелиновый сиенит с Кольского полуострова. Валуны эти, устилая путь ледника, ясно показывают направление движения последнего.

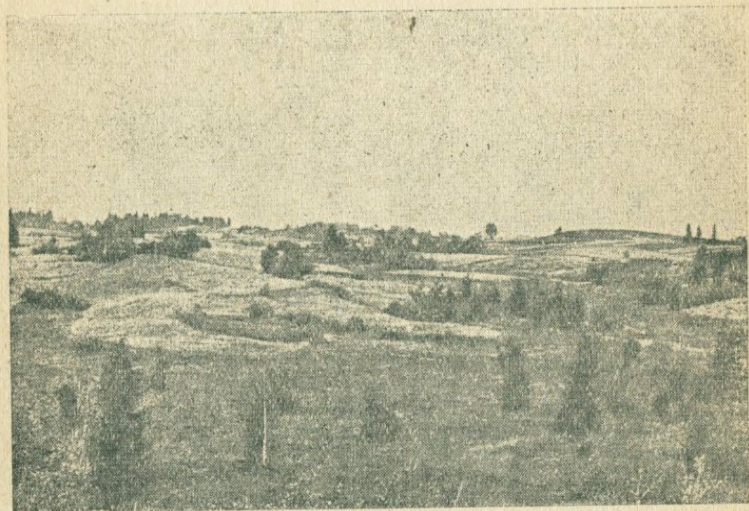


Рис. 315. Холмистый моренный ландшафт в Валдайской возвышенности.

Закрывающая валуны глина на ощупь песчаниста, и если рассмотреть ее под лупой, то окажется, что она содержит в своем составе много песчинок различной величины. Валунная глина неслоиста и залегает неровным слоем; в среднем ее мощность равняется 2—4 м. Но в некоторых случаях валунная глина утолщается до 20—30 м.

Отступление ледника совершалось неравномерно: временами сокращение его приостанавливалось, край ледника оставался неподвижным, а затем ледник опять начинал уменьшаться в своих размерах и отступал.

Всякий раз как край ледника делался неподвижным, движущиеся со льдом в леднике морены достигали края ледника и скоплялись здесь на краю ледника — в форме валов конечных морен, и под дном краевой части ледника — в форме неравномерных скоплений моренных наносов; последние после дальнейшего отсту-

пания ледника обнажились на дневной поверхности в виде холмистого моренного ландшафта.

Главная гряда холмистого моренного ландшафта лучше всего представлена в Валдайской возвышенности. Это одна из самых больших и обширных гряд моренного ландшафта (рис. 315). Она протягивается из Дании по всей северной Германии, северной Польше, Литве, через северную часть Белоруссии, захватывает восточную часть Псковского района, западную Калининской области, пересекает северную часть Западной области, Боровичский район, проходит через Череповецкий район в Северный край до берегов Белого моря.

Холмисто-моренный ландшафт в главной гряде выражен очень резко. На всем своем протяжении она характеризуется одним и

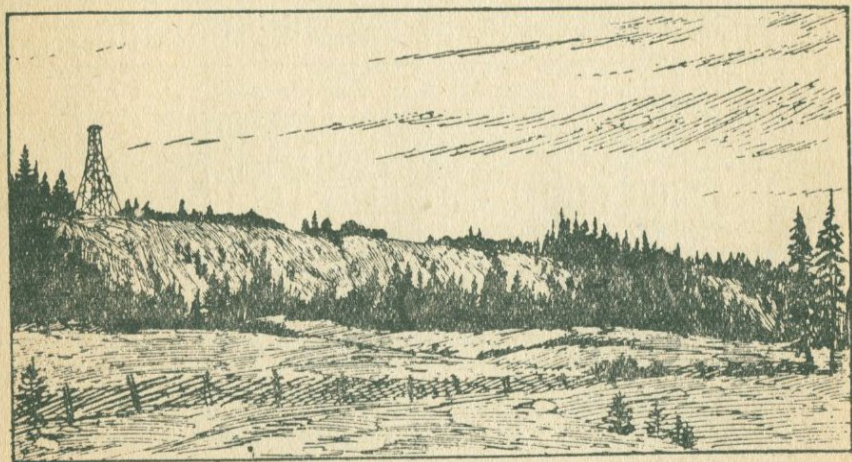


Рис. 316. Конечная морена около села Шелексы в Северном крае.

тем же строением, рельефом и ландшафтом. Слагается она из рыхлого валунного суглинка с большим количеством содержащихся в нем валунов; последние местами образуют целые каменные поля.

Поверхность главной гряды состоит из холмов и впадин. Холмы неправильной формы, но иногда вытянуты в направлении движения ледника; высота их колеблется от 10 до 60 м; очертания мягки, вершины округлены, склоны пологи; между холмами располагаются замкнутые впадины овальной формы. Впадины эти заполнены водой и превращены в озера, расположенные часто на различном уровне. Озера для своих размеров относительно глубоки и медленно зарастают болотной растительностью; их так много, что при нанесении на карту последняя от синих пятен, обозначающих водную поверхность, получает вид решета. Поэтому полосы холмистого моренного ландшафта называют еще областями мелкоозерного ландшафта.

Ширина главной моренно-холмистой гряды колеблется от 40—50 и до 150—200 км; наибольшей ширины она достигает в северной части Белоруссии.

На внешнем, южном и восточном краю главной гряды очень часто встречаются большие валообразные конечные морены (рис. 316). Из Германии, где пояс конечных морен ограничивает с юга гряду холмистого ландшафта почти параллельно очертаниям Балтийского моря, конечные морены переходят в северную Польшу, затем они окружают бассейн верхнего течения реки Немана, приток последнего — р. Вилию, продолжаютя близ Витебска, Невеля и в Валдайской возвышенности.

За поясом конечных морен к югу обычно следует полоса зандровых песков, шириной от 5 до 50 км.

Ледниковые и межледниковые эпохи. Ледниковый период не был временем одного непрерывного оледенения для местностей, занятых льдом. Временами ледник очень сокращался и отступал к центру оледенения, доходя до размеров, близких к размерам современных ледников на Скандинавских горах. Затем количество выпадающего снега снова возрастало, он не успевал стаять, превращался в лед, и ледники вновь распространялись по земной поверхности.

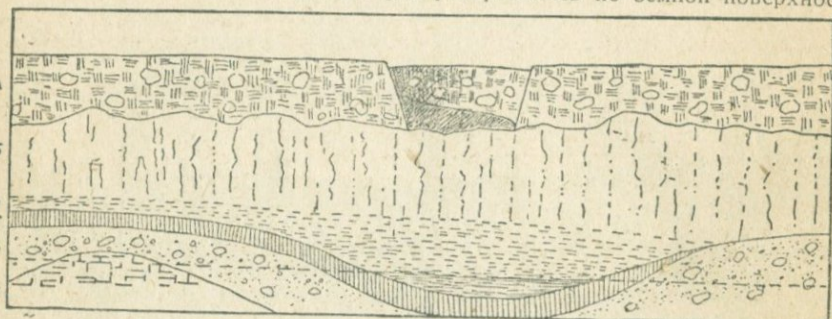


Рис. 317. Обнажение на р. Оке близ г. Лихвина.

А — верхняя морена; Б — лёсс; В — мергель; Г — глина; Д — песок с валунами — нижняя морена; Е — девонский известняк.

Сокращение ледникового покрова происходило от улучшения климата, а увеличение ледников — от ухудшения его. Периоды времени, в которые ледники увеличивались и наступали, называются **ледниковыми эпохами**, периоды же сокращения ледников — **межледниковыми эпохами**. Сколько было ледниковых и межледниковых эпох, точно еще не установлено, но большинство ученых признает существование трех ледниковых и двух межледниковых эпох.

В Калужской области, около г. Лихвина, в высоком береговом обрыве реки Оки (рис. 317) имеется обнажение следующих слоев, относящихся к четвертичной эпохе:

1) Суглинок, толщиной	2	м
2) Морена (глина с валунами), толщ.	3—10	"
3) Лёсс с костями мамонта и насорога, толщ.	8—9	"
4) Серо-голубой мергель, толщ.	2	"
5) Темносерый	2—3	"
6) Листоватый	1	"
7) Землистая серая глина с остатками деревьев, толщ.	0,75	"
8) Синев.-серая глина с конкрециями, толщ.	2	"
9) Морена (пески с валунами), толщ.	2—3	"
10) Девонские известняки и мергели	—	"

Залегающие внизу поверх коренных пород пески с крупными валунами кристаллических пород, принесенными ледником из области Скандинаво-Финляндского кристаллического щита, принадлежат к отложениям более ранней ледниковой эпохи. Лежащие выше глины и мергели образовались в озере, как

О том свидетельствуют многочисленные озерные моллюски и рыбы, найденные в этих слоях. Другим рос лес, остатки которого, в виде древесины, плодов и листьев, найдены совместно с пресноводными моллюсками. Особенно много древесных остатков в листоватом мергеле, который состоит из тонких слоев, разделенных прослойками гумусового вещества. Последнее образовалось из листьев, сносимых в озеро во время осеннего листопада. Если сосчитать, сколько раз осенний листопад прерывал отложение мергеля, то оказывается, что это случилось 2000 раз, т. е. для отложения 1 м листоватого мергеля понадобилось 2000 лет; время образования, потребное для всей толщи озерных осадков, определяется от 6000 до 10 000 лет.

В нижних слоях озерных отложений встречаются остатки только хвойных растений, по преимуществу ели, в верхней же части найдены лиственные деревья — граб, тисс, бук; последние деревья в настоящее время в Калужской обл. не встречаются, а растут в более южных местностях.

Озерные слои постепенно переходят в слои лёсса, в которых обнаружены кости мамонта и носорога. Остатки древесных растений в лёссе не встречается, но зато порода вся пронизана вертикальными ходами травянистых растений. Так как лёсс отлагается только в условиях сухого степного климата, то всю лёссовую толщу надо отнести ко времени существования в этой области степного климата.

Поверх лёсса залегает морена, сложенная из глины с валунами кристаллических пород, принадлежащая к отложениям более позднего ледникового периода.

Из этого профиля видно, что оледенение повторилось здесь дважды, и первый ледниковый период был отделен от второго продолжительным промежуток времени межледниковой эпохи. Нахождение в нижней части отложений межледниковой эпохи растительности из хвойных деревьев, а в верхней — лиственных деревьев из граба, тисса и бука указывает на то, что климат межледниковой эпохи в начале был умеренно-холодным, а затем улучшился и сделался теплее, чем климат этой местности в настоящее время. Налегание на слои с древесными остатками лёсса — породы, образующейся в степном климате, указывает на то, что в дальнейшем климат межледниковой эпохи изменился в сторону сухости, в силу чего лесная растительность сменилась степной.

Такие же красноречивые документы существования в ледниковый период холодных ледниковых и более теплых межледниковых эпох найдены еще около г. Галича в Ярославской области.

Бореальная трансгрессия. В одну из межледниковых эпох море еще раз устремляется на область Европейской части СССР. Наступление моря происходит со стороны Северного Ледовитого океана и простирается почти на весь Северный край, достигнув на юге местностей с высотой в настоящее время в 100 м над уровнем моря. Это наступление океана на Северный край получило название *бореальной трансгрессии*. Так как морские межледниковые отложения известны не только в Архангельском районе, но и в г. Петрозаводске в Карелии, под Ленинградом и затем по берегам Балтийского и Немецкого морей в Германии, то можно думать, что вся Фенно-Скандия в это время была отделена от материка в виде острова проливом Ледовитого океана.

Б. Области, не бывшие подо льдом. Местности Европейской части СССР, лежащие к югу от максимальной границы распространения ледника, не покрывались льдом, но геологические процессы, совершавшиеся в различных частях их в течение ледникового периода, были неодинаковы. Юго-восток (Калмыцкая область, западная часть Казахской республики и южная Саратовской области) был занят обширными Арало-Каспийскими морями. Местности, лежащие севернее арало-каспийской трансгрессии и к востоку от Волги (в Куйбышевской области, Татарской Автономной республике

и в Башкирской АССР), находились во влажном климате и подвергались размыванию атмосферными и речными водами, отлагавшими делювиальные и аллювиальные наносы. Наоборот, местности, лежащие к западу от Волги и Ергеней, занятые в настоящее время южно-русскими и украинскими степями, находились в условиях сухого степного климата, способствовавшего отложению лёссовых толщ. В силу такого различия физико-климатических условий и геологических процессов все местности, находившиеся вне ледникового покрова, можно разделить на:

1) область южно-русских и украинских степей, или лёссовую область,

2) область северо-восточного Заволжья с преобладанием делювиальных суглинков и аллювиальных наносов,

3) область юго-восточного Заволжья или арало-каспийской трансгрессии.

Область южно-русских степей. Перед наступлением ледника климат южной части СССР был влажным. Об этом свидетельствует обилие тонких илистых осадков с пресноводными раковинами озерного происхождения, залегающих под наносами ледникового времени. Кроме того часто встречаются отложения речного характера из песчаных пород, слоев гравия и галечника. В местностях вне озерных и речных отложений располагаются красно-бурые глины и суглинки делювиального происхождения, также свидетельствующие об энергичном действии атмосферных вод предледниковой эпохи. В ледниковую эпоху на все эти породы отложились в северной части южно-русских степей морены, а в южной — мелкоземистая рыхлая порода, лёсс. Последний отлагался главным образом при отступании ледника, и ледниковые отложения в южной части своего распространения также прикрыты лёссом.

Южно-русский лёсс является очень мягкой породой желто-палевого цвета, сложенной из очень мелких минеральных частиц, не превышающих 0,025—0,5 мм в диаметре; значительную часть лёсса, около $\frac{1}{5}$, составляет глинистая масса, до того мягкая, что при растирании между пальцами она втирается в кожу; но кроме того в лёссе встречаются мельчайшие обломочки кварца, полевого шпата, слюды и др. Значительную роль в составе лёсса играет углекислая известь — CaCO_3 , благодаря присутствию которой лёсс, будучи смочен соляной кислотой, бурно вскипает. Если внимательно приглядеться к лёссу, то он оказывается! весь прорезан трубчатыми вертикальными порами, благодаря которым воды, выпавшие на поверхность лёсса, не задерживаются и проходят вглубь до основания лёсса; в силу этого в областях, покрытых лёссом, болот не встречается, и грунтовые воды лежат далеко от поверхности, и, чтобы добраться до них, приходится рыть глубокие колодцы.

Толщина лёссовых пород колеблется от нескольких метров до 100 м. Но несмотря на такую мощность, лёсс лишен слоистости; последняя присуща только озерному лёссу, т. е. лёссу, отлагавшемуся на дне озер. Будучи породой очень мягкой, лёсс легко размывается атмосферными водами, и поэтому овраги в лёссовых областях образуются очень легко. Стенки свежих оврагов и рыт-

вин в лёссе обычно отвесны, и лёсс в них часто раскалывается на вертикальные столбчатые отдельности. Такие столбцы сверху под действием дождей округляются и получают сходство с формой сахарной головы.

Залегает лёсс на самых разнообразных высотах и впадинах, вне зависимости от форм рельефа покрываемой им области. Поверхность лёсса имеет слабо-волнистые очертания. На возвышенных точках толща лёсса уменьшается, во впадинах — увеличивается.

В качестве окаменелостей в лёссе встречаются наземные моллюски: *сукцинеа*, *геликс*, *пупа* и др.; в более редких случаях попадают пресноводные раковины: *лимнеус*, *планорбис*, *витрина*. Кроме того в лёссе встречаются кости степных млекопитающих: *сурка*, *сайги*, *верблюда*, реже *носорога*, *мамонта*.

На происхождение южно-русского лёсса до сих пор не установилось единого взгляда. Так как лёсс в Туркестане и в Китае образовался главным образом из отложений пыли, приносимой ветром, то по аналогии и южно-русскому лёссу приписывают эоловое происхождение. При отступании ледника обнажившиеся из-под него морены в первое время не были покрыты растительностью, и ветры, дувшие с ледника, легко развевали отложенные им минеральные массы. Крупные валуны и щебень при этом оставались на месте, песчинки сметались в барханы, а более легкие пылеватые частицы относились далее к югу, где и отлагались при прекращении переносной силы ветра, образуя скопление лёсса. При таком толковании происхождения лёсса хорошо объясняются все физические и химические свойства лёсса, его состав, строение и форма залегания. Но лёсс может образоваться и другими путями.

Дожди в степных областях, смывающие со склонов возвышенностей продукты физического и химического выветривания различных горных пород, отлагают при основании склонов шлейф из смытых ими частиц, принимающих характер лёсса. Такой лёссовый шлейф, постепенно увеличиваясь с течением времени, растет, постепенно поднимается вверх по склону и в конце концов достигает водораздела.

Вытекающие из-под ледника талые воды, в виде сети ручейков, покрывают местность, лежащую впереди ледника. Выходя из-под ледника, они выносят с собой продукты размывания морены: ил и песок. Последний, как наиболее тяжелый, отлагается вблизи ледника, образуя зандры, а более мелкий илистый материал уносится дальше. Отлагаясь далее при спаде ледниковых вод, как отлагаются речные наносы ежегодно при спаде весенних вод, этот ил в сухом климате может дать осадок, совершенно подобный лёссу.

Наконец химическое и физическое выветривания, равно как и почвенные процессы в степной зоне, также могут привести к накоплению продуктов распада различных горных пород в форме лёсса. Но как бы ни были разнообразны способы образования лёсса, все они требуют сухого степного климата. При наличии

такового всякая горная порода может дать материал для образования лёсса.

Представляя собой загадочную породу с точки зрения своего образования, южно-русский лёсс является в то же время породой, имеющей чрезвычайно важное экономическое значение для СССР. Состоя из сильно разложившихся минеральных веществ, богатых всеми элементами, необходимыми для питания растений, и в то же время с физической стороны обладая всеми свойствами, наиболее благоприятными для жизни растений, как-то: мелкоземистостью, рыхлостью, пористостью — лёсс является породой наиболее благоприятной для заселения злаковой и степной растительностью. Поэтому южно-русские степные пространства покрыты плодородными черноземными почвами, которые, несмотря на обработку в течение уже нескольких столетий, до сих пор почти не обнаруживают признаков истощения. Благодаря лёссовой подпочве, украинские, донские и кубанские нивы дают наивысшие урожаи по сравнению с остальными районами Союза Советских Социалистических Республик.

Область северо-восточного Заволжья. К началу ледниковой эпохи местности, лежащие на восток от Волги (Татарская республика, среднее Поволжье, юго-западная часть Свердловской области и Башкирская республика) были сушей, подвергавшейся довольно значительное время действию размывания дождевыми и речными водами. Благодаря действию этих процессов рельеф получил довольно расчлененный характер. Главные речные долины этой области рр. Волги, Камы, Белой и др. к этому времени уже были сформированы.

Лёсса в этой области, за редкими исключениями, не встречается, из чего можно заключить, что климат Заволжья в ледниковое время был влажнее, чем в южно-русской степной области. Более влажный климат восточных областей вызывался близостью Уральского хребта, на котором, хотя и не было ледников в этой части, но количество скопившегося снега должно было быть значительно больше, чем в настоящее время. Кроме того влажность климата здесь увеличивалась еще и от более обширных размеров Каспийского моря во время каспийских трансгрессий.

Вместо лёсса отложения четвертичного времени в этих местностях представлены *красно-бурым суглинком*, некоторыми своими свойствами напоминающим лёсс. Красно-бурые суглинки, как и лёсс, в большинстве случаев неслоисты, в обрывах дают вертикальные столбчатые отдельности, вскипают с кислотой, залегают плащеобразно и имеют слабо-волнистую поверхность. Как и в лёссе, в красно-буром суглинке встречаются раковины, по преимуществу наземных улиток, кости мамонта и носорога. Но по составу красно-бурые суглинки являются более грубозернистыми, чем лёсс, и нередко в них присутствуют гальки и остроугольный щебень из известняка, доломита, песчаников и других коренных пород данной области. Количество щебня увеличивается в основании разрезом и затем вверх по склонам. На водоразделах слой красно-бурых суглинков очень тонок и часто совсем сходит на-нет, уступая место хрящевым и грубозернистым наносам. Кроме того, часто

внутри красно-бурых суглинков, далеко от подстилающих их коренных пород, встречаются гальки и щебень горных пород, залегающих в виде линз и прослоек. Количество извести в красно-бурых суглинках к северу уменьшается, и красно-бурые суглинки Пермского района или не вскипают с кислотой, или же вскипают очень слабо. Точно так же и пористость, присущая лёссе, наблюдается не всюду в красно-бурых суглинках, и некоторые разности их являются плотными.

Образование красно-бурых суглинков объясняется совместным действием физического и химического выветривания со смывающей работой дождевых и талых вод. Разрушаясь под действием физического выветривания на все более и более мелкие обломки и распадаясь химически под растворяющим действием воды и заключенных в последней реактивов, коренные горные породы данной области с поверхности покрываются корою выветривания. Выпадающие из атмосферы воды совершают отмучивание коры выветривания, смывая и унося наиболее тонкие мелкоземистые частицы. Последние сносятся к основанию склонов, заполняя впадины и углубления в рельефе местности. Оставшиеся на месте более крупные обломки горных пород подвергаются дальнейшему выветриванию, превращаясь в более мелкие части. Следующий дождь опять смывает мелкоземистый материал и т. д. В силу уноса продуктов выветривания процесс выветривания проникает все глубже и глубже в горные породы, а из отложения смытых минеральных частиц в углублениях поверхности и на пологих склонах образуются значительные толщи мелкоземистого наноса — суглинка, иногда заключающего в себе щебень. Такого рода наносы дают название *делювия*. Постепенно толща делювия увеличивается, от оснований склонов он поднимается вверх по склонам и в конце концов сливается на водоразделах с продуктами непосредственного химического и физического распада горных пород. Когда склоны от заноса их делювием делаются настолько пологими, что дождевые воды уже не в состоянии механически переносить минеральные частицы, отложение делювия прекращается. Но не двигаясь механически, делювий продолжает изменяться химически; чем положе делаются склоны, тем меньше становится на них поверхностный сток атмосферных вод и тем больше их просачивается в глубину. Проникая через слои делювия, атмосферные воды удаляют из него все растворимые вещества, и в делювии остается только остаток от растворения. Так как такое же растворение горных пород происходит и на водоразделах, то при отсутствии механического сноса остаток от растворимых пород на водоразделах ничем не отличается от делювия. Таким образом делювий склонов замыкается на водоразделах, и местность покрывается однородным наносом, залегающим плащеобразно на различных высотах основного рельефа.

Красно-бурые делювиальные суглинки являются наносом, на котором так же, как и на лёссе, развиваются плодородные почвы. Но будучи породой несколько более грубозернистой и более промытой, чем лёсс, красно-бурый суглинок уступает лёссе по плодородности образующихся на нем почв.

Область древне-каспийских трансгрессий. Геологическая история области юго-восточного Заволжья в ледниковый период была несколько иной, чем история северо-восточного Заволжья и южно-русской степной области. В период таяния великого ледника, а по другим взглядам несколько позже, воды Каспийского моря неоднократно устремлялись на север и занимали всю восточную половину Сталинградской области до 51-й параллели и западную часть Казахской республики и юг Куйбышевской области до 51-й параллели. По высоте воды древне-каспийских трансгрессий поднимались до 54 м над уровнем Черного моря и до 79 м над поверхностью современного Каспия.

На востоке Древне-Каспийское море по проливу, бывшему на месте Узбоя — прежнего русла Аму-Дарьи, впадавшей некогда в Каспийское море, — соединялось с Аральским морем, покрывая высоты в 3—4 м над уровнем современного Арала, или до 79 м над уровнем Каспия.

Как всегда бывает при наступлении моря на сушу, и древне-каспийские трансгрессии смыли поверхность юго-восточного Заволжья под уровень своих вод. Кое-где по окраинам этого моря еще сохранились подмытые им крупные береговые обрывы, к подножью которых примыкают террасовые площадки. Такие террасы имеются на западной границе этого моря на Апшеронском полуострове, в Дагестане, на Северном Кавказе и в Ергенях. Точно



Рис. 318. Кардиум эдуле.

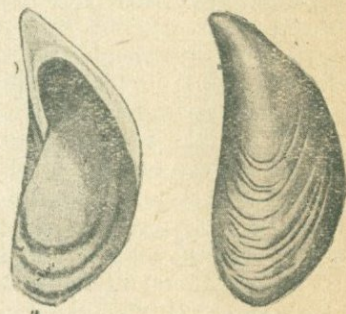


Рис. 319. Дрейссензия.

так же следы террас имеют отдельные возвышенности, бывшие островами среди Древне-Каспийского моря, как например горы Биш-чохо и Большой Богдо (Астраханские степи).

Продукты размывания, отлагаясь на морском дне в виде песка и глин, еще более выравнивали и без того ровную поверхность размытой суши. Когда Древне-Каспийское море, в силу усыхания в послеледниковое время, покинуло эту область, то из его воды выступила ровная как стол поверхность с поднимающимися в единичных случаях островными возвышенностями, уцелевшими от размывания (горы Большой и Малый Богдо, Биш-чохо и др.).

Река Волга, впадавшая во время максимума трансгрессий в Древне-Каспийское море около Камышина, по мере сокращения моря постепенно отодвигала свое устье к югу и прокладывала себе русло по наиболее глубокой части дна отступавшего моря.

Осадки, оставленные Древне-Каспийским бассейном, состоят из перемежающихся слоев глин и песков. Из окаменелостей для этих слоев являются характерными моллюски: кардиум эдуле (рис. 318), несколько видов адакна, дрейссензия (рис. 319) и др. Судя по характеру этой фауны, воды Древне-Каспийского бассейна имели слабо-солончатый состав.

Равнинный характер местности, бывшей под водами древне-каспийских трансгрессий, обуславливает отсутствие поверхностного стока, застаивание выпадающей из атмосферы влаги на поверхности и образование мелких озер и луж. Дождевые воды, стекающие в эти водные бассейны, сносят с окружающих местностей выщелоченные из почвы соли, в силу чего воды озер делают солеными. В сухое время года, под влиянием испарения, количество солей в озерах увеличивается, и нередко на дне озер начинает образовываться самосадочная соль. Мелкие озера иногда испаряются совершенно, и тогда вместо них остается ослепительно белый пласт соли или же липкая соленая грязь.

Количество соляных озер здесь определяется более чем в 3000.

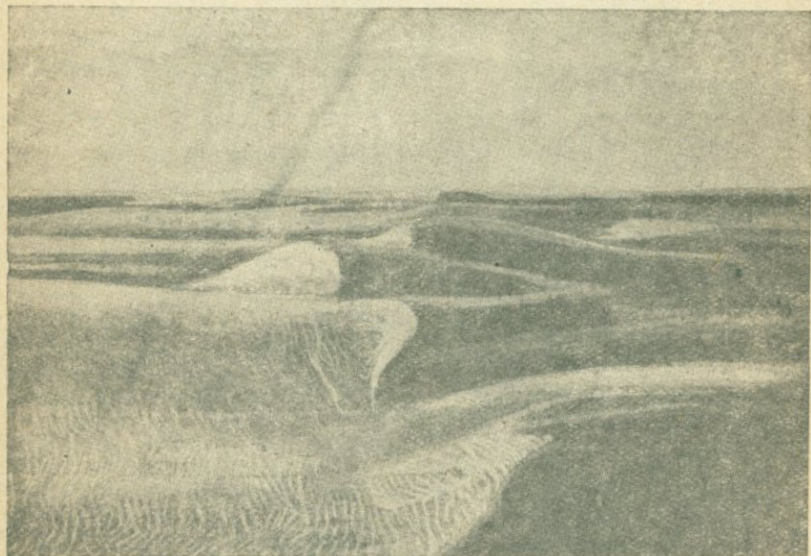


Рис. 320. Пески в Астраханских степях.

Обилие солей в почве делает почву неплодородной и дает возможность поселения только степной полынной и солончаковой растительности; на юге, в республике Немцев Поволжья, где почвы за большей давностью их существования сильнее промыты и поэтому более благоприятны для растительности, появляются ковыльные степи.

Большое количество песка среди древне-каспийских отложений, в связи с сухим климатом, наступившим здесь в послеледниковое время, и незащищенностью земной поверхности сплошным растительным покровом, дало возможность в широкой степени развиться геологической деятельности ветра. Развевая песчаные осадки, ветер превращает их в сыпучие пески, которые он гонит по степи и нагромождает в обширные сплошные скопления барханов (рис. 320); количество последних особенно увеличивается по мере приближения к Каспийскому морю. Вся прибрежная полоса, шириной в 150 км, несмотря на близость моря, представляет сплошную пу-

стыню, покрытую надвигающимися к морю песками. Всего здесь занято песками 4 422 010 га.

Последледниковое время, или современная эпоха. С исчезновением ледников в большей части местностей, занятых льдом в ледниковый период, и с сокращением их до современных размеров на высоких горах и под высокими широтами, наступает послеледниковая эпоха, продолжающаяся и по настоящее время. В большинстве местностей в течение всей этой эпохи физико-климатические условия или не менялись, или же менялись очень мало, поэтому и геологические процессы, совершающиеся в них, остаются более или менее постоянными. Но в некоторых областях и за этот короткий, с точки зрения жизни Земли, промежуток времени произошли существенные изменения. На пространстве Европейской части СССР такими местностями являются Ленинградская область и область Черного моря.

Ленинградская область. Ледник, располагавшийся в северной и средней Европейских частях СССР, при своем отступлении спускал свои талые воды через бассейны Камы, Волги, Дона и Днепра в сторону Каспийского и Черного морей. Так продолжалось до тех пор, пока ледник не отступил за линию Прибалтийской возвышенности и Валдайских высот: после этого часть ледниковых вод потекла на север в сторону Ледовитого океана, а часть ледниковых вод, расположенная к югу от водораздела Северной Двины,

оказалась без стока. Эта местность в ледниковый период, как и теперь, имела покатость в сторону Балтийского моря. До тех пор, пока область последнего не освободилась из-под покрова, талые ледниковые воды не имели возможности стечь и застаивались, образуя перед концом ледника пресное холодное озеро; этот озерный бассейн ледникового времени увеличивался по мере отступления ледника, и когда край последнего находился в южной Финляндии, ледниковый бассейн занимал значительные части Курляндии, Эстляндии и Ленинградской области. Он покрывал область всех современных больших озер: Ильмень, Пейпус, Ладожское, Онежское озера и большей части Балтийского моря. В качестве осадков этого бассейна до нас дошли ленточные глины с остатками пресноводных рыб.

Когда ледник отступил еще дальше и перешел в область Скандинавских гор, то в ледниковый бассейн, занимавший Балтийскую ванну, получили доступ океанические воды, наступившие с севера, со стороны Белого моря, и с запада — от Северного моря.

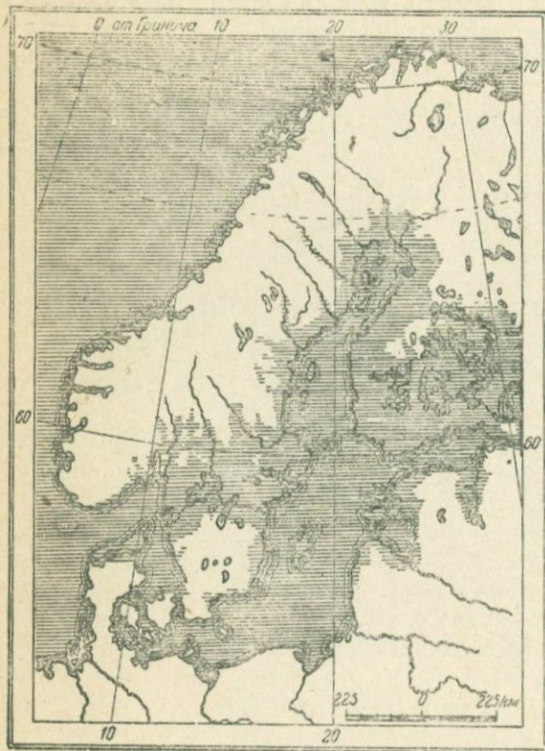


Рис. 321. Иольдиевое море. Долгота к Е от Гринвича. Масштаб 1 : 22 500 000. По Седергольму.

Пресные воды ледникового озера заменились солеными водами, и возникло *Иольдиевое море* (рис. 321), названное по имени встречающегося в осадках его моллюска *иольдиа* (рис. 322). Иольдиевое море отделило Скандинавию от материка, отчего она получила снова характер острова. Южный берег этого моря проходил вдоль уступа, протягивающегося по южному берегу Финского залива и известного под названием *глинта*. Его хорошо можно наблюдать около Пулковской обсерватории в 20 км к югу от Ленинграда, где ясно сказывается террасовый уступ, образованный размывающей деятельностью волн Иольдиевого моря.



Рис. 322. Иольдиа.



Рис. 323. Анцилюс.

Исчезновение мощных толщ льда уменьшило нагрузку земной коры в области северо-западной Европы, в силу чего последняя, под действием давления лежащих под твердой корой огненно-жидких магм, стала медленно подниматься вверх. Благодаря этому поднятию исчезла связь Иольдиевого моря сначала с Ледовитым океаном, в силу образования перешейка между Онежским озером и Белым морем, а затем — и с Северным морем, в силу выхода из-под воды южной части Швеции. Иольдиевое море превратилось в замкнутое обширное озеро, которое под влиянием впадающих в него рек сделалось пресным; жившая в Иольдиевом море морская фауна вымерла и заменилась пресноводной; среди последней был наиболее распространен моллюск *анцилюс* (рис. 323), по имени которого и самое озеро получило название *Анцилового озера*. Размеры Анцилового озера были несколько больше современного Балтийского моря (рис. 324).



Рис. 324. Анцилово озеро. Долгота к Е от Гринвича. Масштаб 1 : 22 500 000. По Седергольму.

Поднятие северо-западной Европы продолжалось и во все время существования Анцилового озера, как оно продолжается и по настоящее время, но поднятие это совершалось не везде одинаково. В то время как почти весь Скандинавско-Финляндский кристаллический щит поднимался, на юге, в области между южной Швецией и Данией, произошло опускание суши, отчего возникли современные проливы — *Зунды*. Через эти проливы море снова получило доступ в область Балтийской впадины. Пресные воды Анцилового озера смешались с морскими водами и образовали полусоленое море. Из живших в этом море моллюсков чаще всего попадается в ископаемом состоянии раковина *литорина* (рис. 325), по которой и само море называют *Литоринным морем*. Литоринное море имело размеры также несколько большие, чем современное Балтийское море (рис. 326).

В силу дальнейшего поднятия всей этой местности, море продолжало сокращаться и, наконец, приняло размеры современного Балтийского моря. Каждое из последующих морей имело более низкий уровень, чем предшествовавшие моря. В силу этого осадки, оставленные этими бассейнами, располагаются террасами в виде лестницы, нижние ступени которой образованы более молодыми, а верхние — более старыми морями.



Рис. 325.
Литорина.

Такую лестницу из поднимающихся друг над другом террас можно видеть в Ленинграде к северо-западу от р. Невы. Часть города, прилегающая к Большой Невке и носящая название Новой Деревни, расположена на ступени, образованной Древне-Балтийским морем, имевшим ранее более обширные размеры, чем современное Балтийское море. Выборгская сторона города, начиная от проспекта К. Маркса до Лесного, лежит на второй террасе, образованной из осадков Литоринового моря. Предместье города — Лесной, с парком и зданиями Лесо-технической академии — лежит на третьей террасе, сложенной иольдиевыми и озерными осадками, а предместье Сосновка и Индустриальный институт занимают четвертую ступень из отложенных Ледникового озера.

Все эти моря размывали земную поверхность, уничтожали ледниковые наносы, и отлагали песчаные и глинистые осадки. Благодаря деятельности этих морей рельеф северо-западной части Ленинградской области является выравненным, и моренные отложения уцелели в ней лишь местами, по преимуществу в углублениях до ледникового рельефа. Равнинный характер местности обусловил малый поверхностный сток атмосферных осадков, что, в свою очередь, вызвало образование обширных болот, площадь которых в одной Ленинградской области равняется 680 тыс. га.

История Черного моря. Бассейн Черного моря развился из морей, существовавших в третичный период на юге Русской равнины. Отделившись от океана в начале миоцена, эти моря в дальнейшем носили закрытый характер, и жившая в них фауна развивалась самостоятельно от океанической. В понтический век общий бассейн для области Черного и Каспийского морей впервые разбивается на два самостоятельных бассейна — Черноморский и Каспийский. Эти два бассейна существуют отдельно до конца плиоценового времени, когда снова происходит соединение их между собой посредством узкого пролива, существовавшего на месте Кумо-Манычской впадины. В это время оба бассейна были населены одной и той же фауной, живущей и поныне в Каспийском море. От Средиземного моря Черное море было отделено Эгейской сушей, представлявшей собою горную страну с многочисленными озерами; одним из таких озер было Мраморное море.

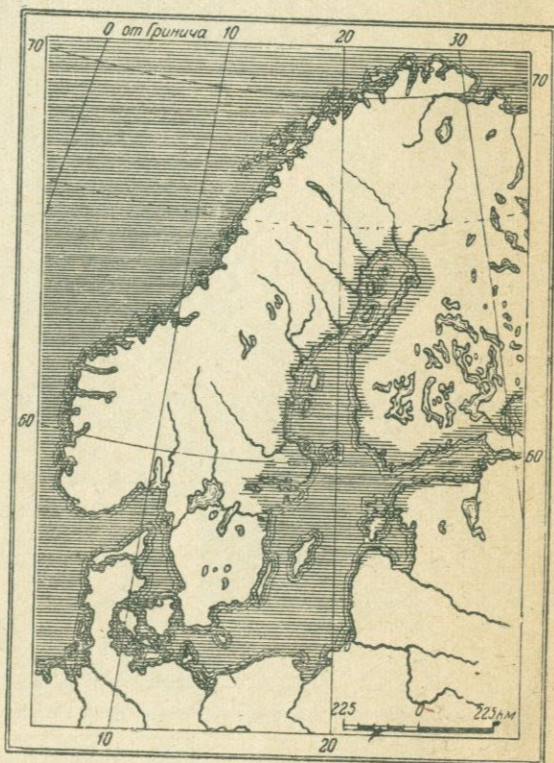


Рис. 326. Литориновое море. Долгота к Е от Гринича. Масштаб 1 : 22 500 000. По Седергольму.

В Черное море с этой суши впадали реки; остатком долины одной такой реки являются Дарданеллы и Босфор. Уровень Черного моря в это время был ниже современного, и поэтому все впадавшие в него реки имели глубокие долины.

В начале четвертичного периода происходит провал Эгейской суши, и воды Средиземного моря проникают через этот провал в Мраморное море; Босфор и Дарданеллы превращаются в проливы, через которые воды Средиземного моря соединяются с Черным морем.

Проникающие в Черное море соленые воды осолоняют воду до того времени почти пресного бассейна и уничтожают большую часть жившей в ней фауны. Вместе с солеными водами Средиземного моря в Черное море начинает проникать и чисто морская фауна, причем этот процесс продолжается и по настоящее время. Так как воды Черного моря еще недостаточно осолонены (в водах Черного моря содержится всего 1,8% против 3,8% солей в Средиземном море), то в Черное море могло проникнуть только около $\frac{1}{10}$ части всей средиземноморской фауны: в Черном море до сих пор нет ни кораллов, ни морских ежей, ни головоногих моллюсков и многих других классов животных, населяющих сейчас Средиземное море. Но однако и $\frac{1}{10}$ средиземноморской фауны составляет столь большое число форм животных, что на их долю приходится 93% всей современной фауны Черного моря. Часть средиземноморских форм, например *кардиум эдуле*, перебирается в Каспий через пролив, соединявший Черное море с Каспийским, но таких форм очень немного, так как Кумо-Манычский пролив вскоре исчезает, и Черное море снова отгораживается от Каспия.

Так как уровень Черного моря до соединения со Средиземным морем был ниже океанического, то после провала Эгейской суши произошло поднятие вод Черного моря, затопившего устья долин впадавших в него рек. На месте последних образовались узкие заливы — *лиманы* (Днепровский, Бугский, Куяльницкий и др.).

Флора и фауна четвертичного периода. Ледниковый покров произвел резкие изменения во флоре и фауне Европы. Уже к концу плиоценового времени растительный мир Европы приобретает приблизительно свой современный характер. Спустившиеся со Скандинавского полуострова льды заставили все зоны растительности сместиться к югу. Так как ледниковый период состоял из чередования холодных эпох, с надвиганием ледника, и более теплых — межледниковых эпох, во время которых ледники сильно сокращались, то смещение растительных зон в ледниковый период происходило неоднократно, и в различные ледниковые эпохи в одной и той же местности росла различная растительность. Всякий раз как ледник наступал, растительные зоны смещались с севера к югу, а когда ледник отступал к северу — растения снова возвращались на свои прежние места. Так например в Германии в отложениях ледниковой эпохи найдены листья полярной ивы, карликовой березы, дриас, полярных мхов, указывающих, что в это время тундровая зона растительности занимала средние широты. В отложениях же межледниковых эпох в той же местности встречается совершенно иная растительность: дубы, буки, липа, лещина, береза, ольха, сосна.

То же самое происходило и с животным миром. Перед наступлением ледникового периода в Европе, начиная от Англии до Греции и Италии включительно, жили гиппопотам, южный слон (*Elephas meridionalis*), первобытный слон (*Elephas antiquus*), носороги (*Rhinoceros Mercki*), махайродус, медведи, тапиры, лошади, быки, олени, волки, бобры и т. п. Вся эта богатая фауна, вследствие ухудшения климата и наступания великого ледника, должна

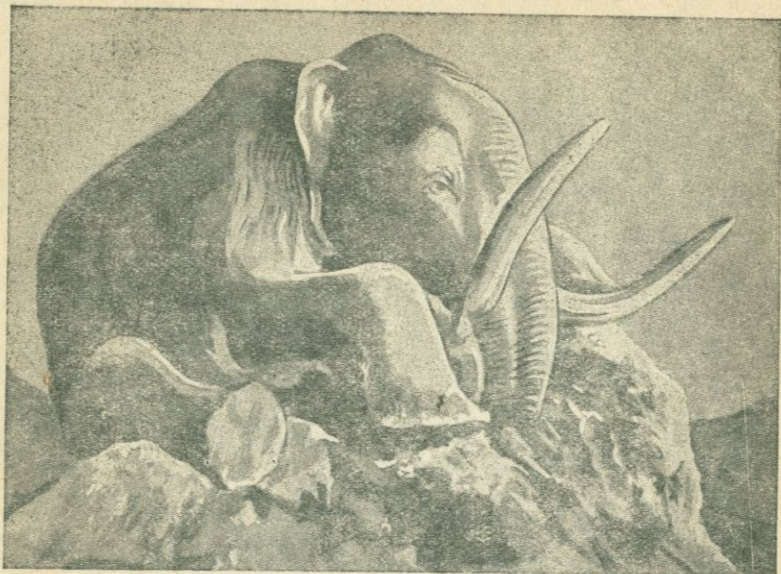


Рис. 327. Чучело мамонта в Зоологическом музее Академии Наук.

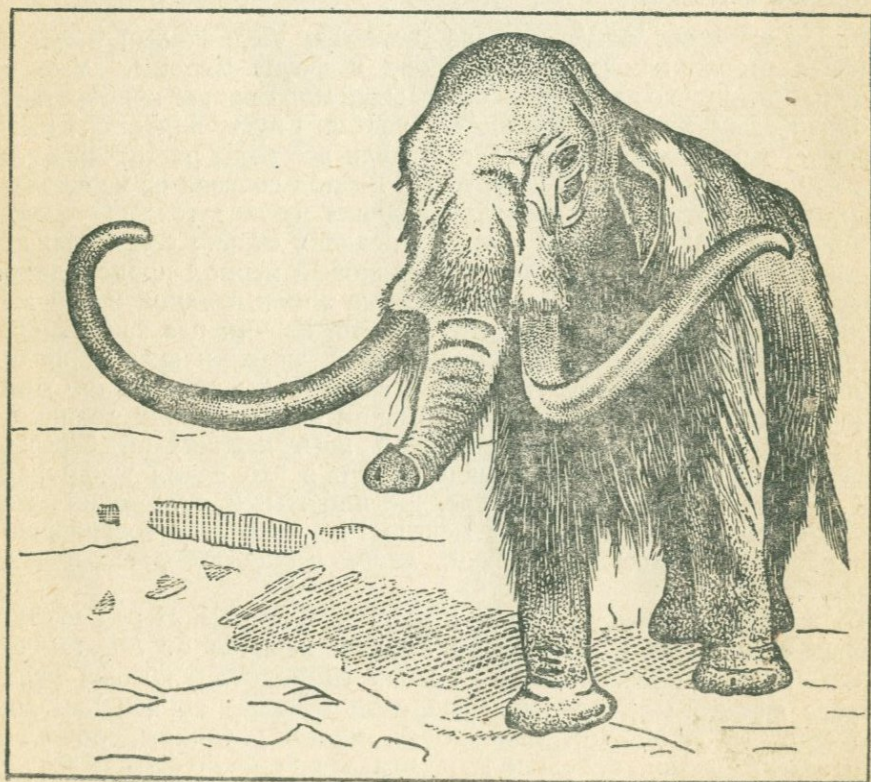


Рис. 328. Мамонт.

была пережить глубокие изменения. Скандинавский ледник оттеснил всех северных животных к югу. Спускавшиеся с Пиренеев, Альп, Кавказа ледники в свою очередь оттеснили живших в них животных к северу. На сравнительно узком пространстве, не занятом льдами, во Франции, средней Германии и степной Русской полосе скопилось множество животных, между которыми началась ожесточенная борьба за существование.

В межледниковые эпохи животный мир получал возможность снова переселяться к северу, а с наступлением ледниковых эпох опять отодвигался к югу. Во время таких неоднократных переселений с севера на юг и с юга на север, частью под влиянием изменений климата, частью вследствие борьбы за существование,



Рис. 329. Волосатый носорог.

некоторые животные вымирают, а другие, наоборот, широко распространяются, отчего фауна ледникового периода получает своеобразный характер. Слоны, один вид носорога (*Rhinoceros Mercki*), гиппопотам, махайродус — исчезают из Европы в первой половине ледникового периода. На место их появляются более приспособленные к холодному климату животные. Слонов заменяет мамонт (*Elephas primigenius*) (рис. 327 и 328), кости которого служат прекрасными руководящими окаменелостями для ледникового периода. Мамонт был широко распространен в северных и средних широтах; но чаще всего остатки его встречаются в Северной Сибири. Насколько много жило здесь этих животных, можно судить по тому, что у населения северных частей Сибири существует специальный промысел — добыча мамонтовых бивней, которые идут в продажу под видом слоновой кости; около $\frac{1}{2}$ всей слоновой

кости, встречающейся в торговле, добыто в Сибири в виде бивней мамонта. Благодаря вечно-мерзлой почве Сибири, в ней сохра-

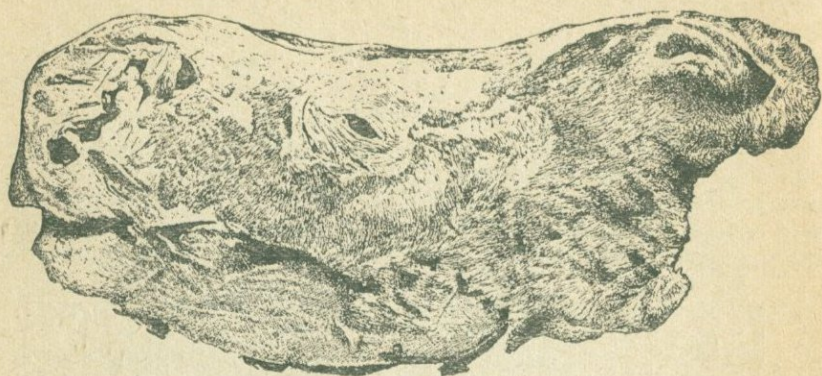


Рис. 330. Голова носорога с кожей, шерстью и одним глазом. С р. Яны в Верхояленском округе Сибири.

няются не только кости, но иногда и целые трупы мамонтов. Один из таких мамонтов был найден на р. Березовке в Якутии, достав-

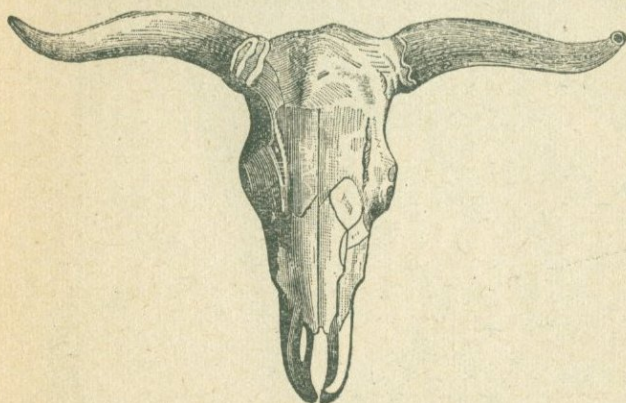


Рис. 331. Череп первобытного быка.

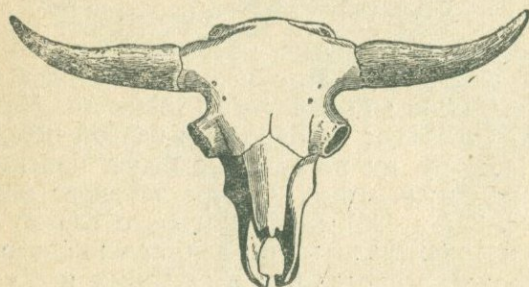


Рис. 332. Череп древнего быка.

лен в Ленинград и в настоящее время, в виде набитого чучела помещен в Зоологическом музее Академии наук (см. рис. 327). У этого мамонта сохранились не только наружный покров, но и внутренности и даже пища в желудке.

Размерами мамонт превосходил современного слона, но в отличие от последнего был покрыт длинной, буро-рыжего цвета шерстью, предохранявшей его от холодов. Бивни мамонта достигают 3 м длины. Питался мамонт луговыми травами.

Точно так же в отложениях ледникового периода встречаются остатки *волосатого носорога* (рис. 329). Это было большое животное, превышающее по размерам современных носорогов. На носу у него помещалась

два рога, из которых передний имел в длину около $\frac{1}{2}$ м. Сохранившиеся трупы носорогов также встречаются в мерзлой почве Сибири. Голова одного из найденных здесь носорогов, покрытая шерстью, и с одним уцелевшим глазом, хранится в музее Академии наук (рис. 330).

Близко по своей организации к носорогам стоял единорог — *элясмотерий*. Ростом последний был не меньше слона и имел на лбу, а не на носу, один только рог. Кости его были сначала найдены в Сибири, затем на юге СССР, а в последнее время — и в Западной Европе.

Из парнокопытных часто встречаются в отложениях ледникового времени: *первобытный бык* (*Bos primigenius*) (рис. 331), последние потомки этого быка и до сих пор живут в английских парках, *древний бык* (*Bos priscus*) (рис. 332), близкий к современным зубрам, *исполинский олень* (рис. 333), *северный олень* и современный житель самых северных окраин — *мускусный овцебык*. Из непарнокопытных часты остатки *дикой лошади* (*Equus fossilis*). Из хищников в ледниковое время жили: *пещерный медведь* (*Ursus spelaeus*) (рис. 334), превосходивший по размерам самого большого современного серого американского медведя, *белый северный медведь*, огромный *пещерный лев*, *пещерная гиена*, *полярная лисица* и др.

Другие материки имели иную своеобразную фауну. Так в Южной Америке очень развились неполнозубые животные: муравьеды, броненосцы, тихоходы, или ленивцы. Некоторые из этих родов еще и по сей час существуют в Южной Америке, но по сравнению со своими предками они являются карликовыми формами.

Мегатерий был сродни нынешним ленивцам (рис. 335 и 336), но по величине равнялся слону; он отличался очень массивными костями и малым объемом черепа.

Броненосцы обладали панцирем из костных пластинок. Самый крупный из них — *глиптодон* — имел в длину 3 м, а в высоту $1\frac{1}{2}$ м (рис. 337).

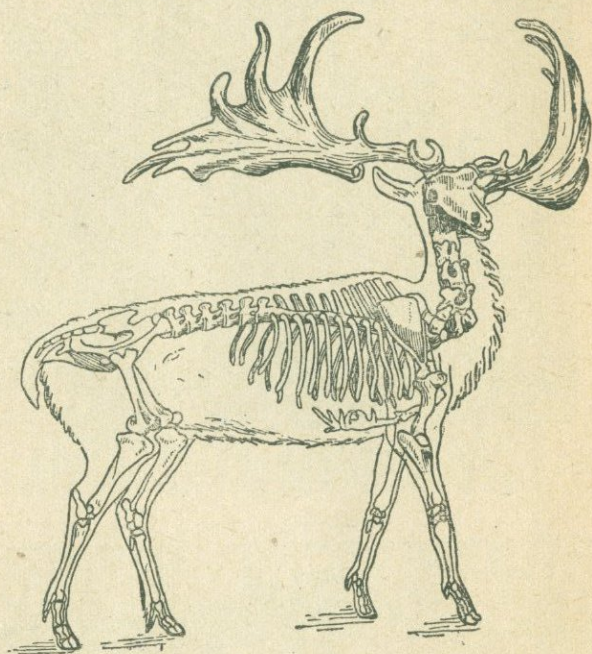


Рис. 333. Исполинский олень.



Рис. 334. Скелет пещерного медведя.

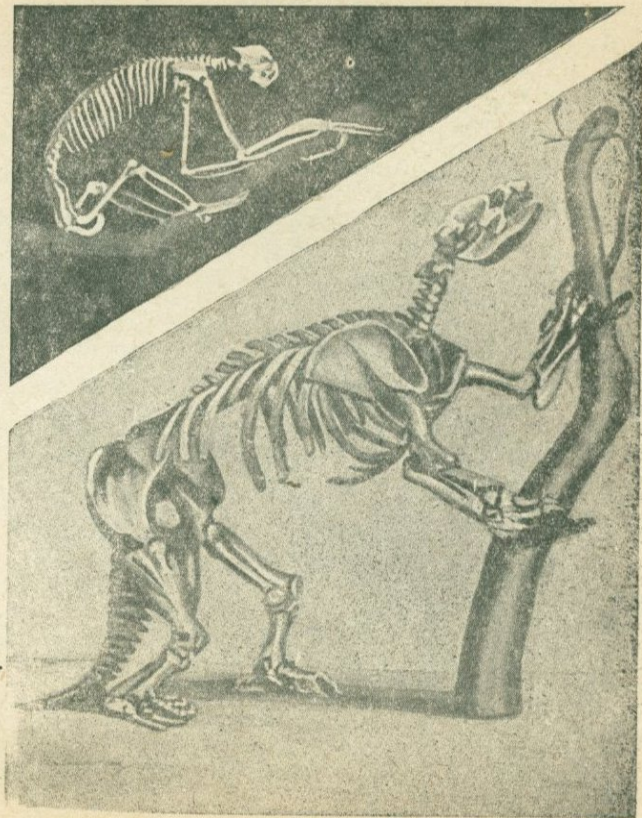


Рис. 335. Мегатерий; сверху скелет современного ленивца.

Особенно оригинальна четвертичная фауна Австралии. В силу того, что этот материк очень рано отделился от других материков, на нем развилась фауна сумчатых животных, появившихся раньше всех других млекопитающих. Среди вымерших сумчатых живот-



Рис. 336. Реставрация мегатерия.

ных здесь встречается много разнообразных форм, одни из них принадлежат к типу хищных животных, другие — к травоядным, третьи — к грызунам; некоторые из них, как например *дипротодон*, достигали размеров слона. Кроме сумчатых животных в Австралии в четвертичных отложениях часто встречаются остатки и ныне живущих здесь — своеобразного порядка — *однопроходных* животных (утконос и ехидна).

Кроме млекопитающих в четвертичных отложениях Австралии встречаются остатки гигантских бегущих птиц, похожих на страусов. *Динорнис* достигал высоты 4 м (рис. 338).

Подобные же птицы водились и на соседних с Австралией островах. В Новой Зеландии гигантские птицы, называемые *моа*, вымерли, повидимому, в прошлом столетии, и у туземцев еще живы предания о них.

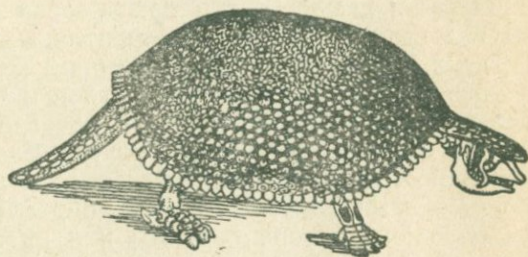


Рис. 337. Глиптодон.

Доисторический человек. В отложениях четвертичного периода впервые встречаются достоверные следы человека в виде его костей, очагов, «кухонных отбросов», оружия, предметов обихода, становищ и т. д. Остатки доисторического человека находятся в различных горизонтах четвертичных отложений, и находки из различных горизонтов разнятся между собой как по физической организации самого человека, так и по степени совершенства изделий его рук. Находки в более низких горизонтах четвертичных отложений показывают на более примитивную организацию человека и низкую степень обработки его изделий, тогда как в более высоких горизонтах встречаются и более высоко развитые представители человеческого рода и остатки более совершенной технической культуры. В силу этого в развитии человека в течение четвертичного периода устанавливаются следующие подразделения:

Послеледниковая эпоха	Металлический век	Железный век Бронзовый век
	Каменный век	Неолитический, или новый каменный век
Ледниковое время		Палеолитический, или древний каменный век

Так как остатки человека палеолитического века встречаются на всех материках, то нужно думать, что для расселения человека по земному шару нужен был значительный период времени и что, вероятно, время появления человека на земле должно быть отнесено не к четвертичному, а к более раннему — третичному периоду. Но из третичных отложений до сих пор еще не открыто достоверных следов человека. Встречающиеся в отложениях с миоценового времени обломки камней, на которых некоторые исследователи склонны видеть следы обработки для приготовления из них каменных орудий нападения и защиты, настолько грубы, что их легко могла произвести и природа без вмешательства человека.

Остатки весьма низко организованного человекоподобного существа были найдены в четвертичных отложениях острова Явы. Остатки эти, состоящие из черепной крышки, небольшого обломка нижней челюсти, 3 коренных зубов и бедренной кости, были найдены в слое вулканического пепла (рис. 339). Судя по характеру черепа и зубов, обладатель их занимал среднее положение между человеком и обезьяной. Вместимость его черепа немного больше половины вместимости черепа современного человека и в полтора раза больше черепа гориллы или оранг-утана. Лоб низкий и настолько покатый, как никогда не бывает у человека. Над глазами по всей ширине черепа находится валик — надбровные дуги, присутствующие человекообразным обезьянам, но лобный гребень, свойственный человекообразным обезьянам, очень мал; в строении зубов опять наблюдаются признаки обезьян. Прямая бедренная кость указывает на то, что ее обладатель был прямоходящим существом, как человек. Все эти данные говорят за то, что кости,

найденные на Яве, принадлежат существу, занимавшему среднее место между человеком и обезьяной, почему его назвали *питекантропус эректус*, что в переводе значит: обезьяно-человек прямоходящий. В последнее время кости совершенно такого же существа найдены в Китае около Пекина. Ему дали название *синантропус*.

В середине прошлого столетия около Дюссельдорфа, в Германии, в долине Неандера, при раскопках одной из пещер было найдено несколько человеческих костей, среди которых была одна замечательная черепная крышка. Сравнительно большой объем этой крышки, сильно покатый назад лоб и громадные надбровные дуги, с очень слабо развитым лобным гребнем, заставили признать в ней черты очень низкого строения, приближающие ее одновременно к человеку и человекообразным обезьянам. К сожалению, нельзя было установить древность этой находки.

Следующая находка остатков подобных черепков, сделанная в Бельгии, в Пещере Спи (рис. 341), дала возможность установить точнее возраст этих черепов. Одновременно с остатками человека здесь были найдены кости пещерного медведя, мамонта, носорога, свидетельствовавшие о принадлежности этой находки к ледниковому периоду. Последующие находки во Франции, Австрии и в других местах — на Кавказе, в Крыму, в Индии, Японии, Северной Америке, Африке дали более полное представление о существах с неандертальским черепом и показали, что они были широко распространены по



Рис. 339. Черепная крышка питекантропа.



Рис. 338. Динорнис и рядом для масштаба скелет человека.

всем материкам в первую половину ледникового периода. По характеру найденных черепов и частей скелета неандертальского обитателя, получившего свое название от места первоначальной его находки, и предметов обихода, обнаруженных вместе с его костями, мы теперь можем со-

ставить себе определенное представление как о строении его тела, так и об образе жизни. В общем, это был, несомненно, человек, но обладавший признаками низшего строения, унаследованного им от

Человек ново-каменного века *Homo-sapiens*



Человек начала древне-каменного века *Homo-primigenius*



Pithecanthropus Pithecanthropus erectus Dubois Из четвертичн. отлож. Явы



Человекообразные обезьяны Шимпанзе *Simia troglodytes*



Еще ненайденный общий предок человека и человекообразных обезьян

Мартишковидные обезьяны *Cercopithecus diopa*



Американские широконосые обезьяны *Ateles* (с олигоцена)



Узконосые обезьяны из миоцена Старого света *Mesopithecus*

Полуобезьяны *Otolicnus galaga* (с зоцена)

Общий корень отряда приматов к которому ближе всего полуобезьяны из зоцена Европы и Америки



Рис. 340. Развитие порядка приматов.

первоначального предка и сближающего его с другой ветвью, пошедшей от этого предка — человекообразными обезьянами. Низкая черепная коробка с очень покатым взад лбом свидетельствует о том, что в ней мог помещаться лишь неразвитый мозг, но, тем не менее вместимость черепной коробки раза в 2—3 больше вместимости черепа гориллы; сильно развитые надбровные дуги, сливающиеся между собой в виде сплошного надглазного валика, как у гориллы или шимпанзе, и большие, выдающиеся вперед челюсти придавали лицу животное выражение. Нижняя челюсть показывала малое развитие не выдающегося вперед подбородка, — чем неандертальский человек резко отличался от современного человека. Руки, по сравнению с руками обезьян, коротки, плечевые кости очень крепки, лучевая кость предплечья согнута, как у обезьян. Кости голени толсты и неуклюжи и напоминают кости медведя. Неандертальский человек, хотя и был прямоходящим, но в силу согнутости ножных костей, имел несколько согнутые колени, напоминающая по ступню горилл. Но, несмотря на все эти обезьяньи признаки, это уже был человек, так как он знал употребление огня, умел выделывать из камня оружие, варил пищу, чего не знает ни одна из даже наиболее высокоорганизованных обезьян. В вышеупомянутой бельгийской пещере Спи, вместе с остатками первобытного человека, были найдены расколотые обугленные кости мамонта и носорога, на которых первобытный человек охотился. Тут же находились и грубо выбитые из камня ножи и топоры, посредством которых раздроблялись кости для добывания из них мозга.

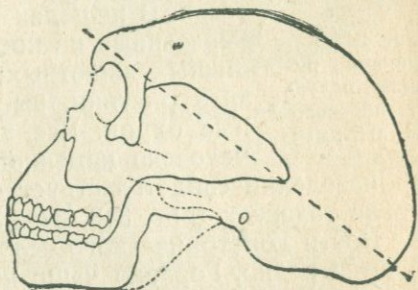


Рис. 341. Череп первобытного человека из пещеры Спи в Бельгии. Очень покатый лоб, сильно выступающие надбровные дуги, выдающиеся вперед челюсти и скошенный назад подбородок отличают этот череп от черепа современного человека.

В гроте Мустье и затем в пещере на земле общины Шапелль-Сент во Франции были найдены: в первой — костяк юноши около 18 лет, а во второй — скелет мужчины около 50 лет. Оба скелета представляли явственные следы погребения: они лежали на правом боку с согнутыми в коленях ногами, с правой рукой, подложенной под голову, с кремневыми орудиями, положенными кругом них, и костями животных (быка, носорога, лошади), истребленных во время трапезы по умершим. Все эти начатки человеческой культуры резко отделяют первобытного человека и его соотродичей — человекообразных обезьян — и ставят его на более высокую ступень.

Неандертальский, или первобытный, человек (*Homo primigenius*) встречается только в первой половине палеолитического века, а со второй половины этого века в Европе появляется уже настоящий человек — разумный человек (*Homo sapiens*). По высокому росту, прямому лбу, округлому черепу, отсутствию надбровных дуг, уст-

ройству зубов, величине мозга, выдающемуся подбородку, прямыми
ножными костям — он представляет большое сходство с современ-
ным человеком. Не отличаясь ничем вначале по об-
разу жизни и характеру своих изделий от первобыт-
ного человека, разумный человек (*Homo sapiens*) в
дальнейшем своем развитии сделал значительные шаги
вперед. Он жил в пещерах или в крытых шкурами
зверей шалашах. Из кремня и других камней он на-
учился готовить длинные и острые ножи, топоры,
скребки, наконечники копий (рис. 342), стрел, а из
костей рога — гарпуны, рыболовные крючки, шила и
иглы для сшивания шкур, детские игрушки; из проды-
рявленных зубов убитых зверей он делал себе оже-
релья. В пещерах Дордони во Франции были найдены
вырезанные из костей и бивней мамонта фигурки раз-
личных животных; кроме того на стенах пещер оста-
лись рисунки, выцарапанные острием или нарисован-
ные охрой. Все это говорит о зачатках искусства у
человека каменного века, и характер исполнения его



Рис. 342. Ка-
менное ру-
било палео-
литического
века (Крым).

произведений свидетельствует о развитии больших встречавшихся
тогда талантах (рис. 343, 344, 345, 346).

Кости доисторического человека в ископаемом состоянии встре-
чаются редко. Гораздо чаще попадают в отложениях четвертич-
ного периода становища, очаги, каменные орудия, утварь и пр.
Так например в Европейской части СССР кости доисторического
человека древнего каменного века встречаются очень редко, но
число мест находок следов его пребывания и изделий, как пока-
зывает прилагаемая карта, довольно велико (см. рис. 313).

Первое время своего существования человек все необходимые
для него инструменты и оружие делал из камня. Сначала он, ве-

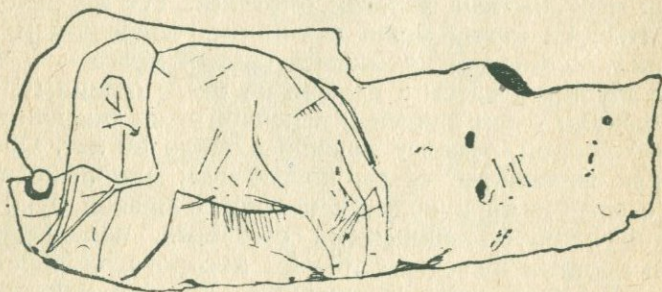


Рис. 343. Рисунок мамонта, сделанный человеком палеолити-
ческого века (Мальта, Восточная Сибирь).

роятно, пользовался первым появившимся камнем для метания
в своего врага, как это делают некоторые обезьяны. Затем он
применил камень в рукопашных схватках, так как рука, воору-
женная тяжелым камнем, наносила более сильные удары, чем это
можно сделать простым кулаком. Найдя, что острые камни легче

дробят кости и производят более глубокие ранения, он стал подбирать камни с острыми краями, а отсюда один шаг до искусственного приготовления заостренных камней путем оббивки их другим камнем. Таким образом человек пришел к первому своему изобретению — каменному топору. В дальнейшем он научился насаживать острые осколки камней на палки, изготовлять нако-

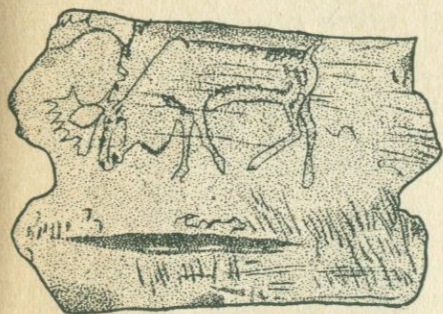


Рис. 344. Пасущийся олень. Палеолитический век. Из пещеры Кеслерлох в Швейцарии.



Рис. 345. Вырезанная доисторическим человеком из кости оленя голова лошади. Палеолитический век. Из пещеры Мас-д'Азиль.

нечники копий и стрел, длинные обточенные камни стал употреблять в качестве ножа, делать из камня скребки для обработки кож и т. д. Это время в истории человека, когда камень играл такую громадную роль в жизни последнего, называют каменным веком.



Рис. 346. Палеолитическая статуетка из мамонтовой кости. Найдена возле д. Мальта в Восточной Сибири.

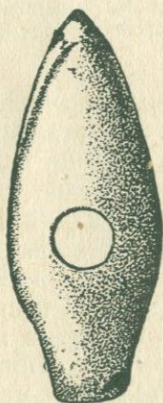


Рис. 347. Полированный топор из неолита Карелии.

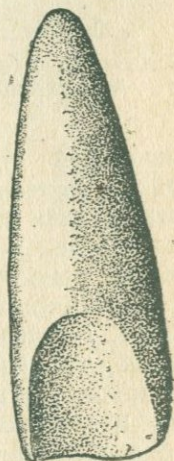


Рис. 348. Полированное долото из неолита Карелии.

Каменный век надо разделить на две части. Вначале человек производил каменные изделия путем оббивки камня и не умел путем шлифовки придавать им более целесообразную форму.

В это время человек жил по преимуществу в пещерах, не умел делать горшков, не приручил к себе ни одного животного. Это время называют *древним каменным* или *палеолитическим веком* (от греческих слов: палеос — древний и литос — камень). Палеолитический век приходится на ледниковый период.

Второй части каменного века дают название *неолитического* (неос — новый и литос — камень) или *нового каменного века*. Неолитический век приходится на послеледниковую эпоху. В неолитический век человек уже шлифует свои каменные изделия по определенным образцам (рис. 347 и 348). В это время он жил в шалашах, научился изготавливать горшки (рис. 349), в качестве первого домашнего животного приручил себе собаку.

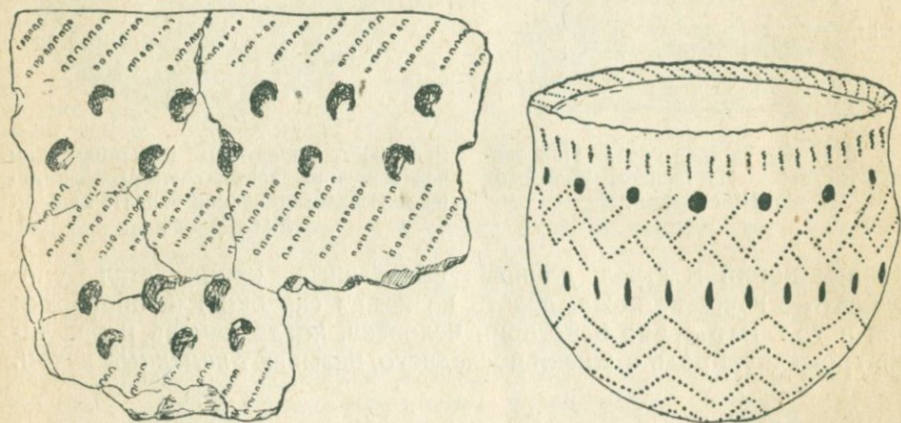


Рис. 349. Осколок горшка с орнаментом и реставрация горшка доисторического человека новокаменного века из окрестностей Ленинграда.

Дальнейшей стадией развития человеческой культуры был переход на выделку изделий из металла. С переходом на металлические изделия начинается в истории человека *металлический век*. Сначала человек познакомился с более мягким металлом — медью. Разыскивая наиболее пригодные для изделий камни, он мог набрести на самородную медь, довольно часто встречающуюся в природе. Увидев, что она более удобно поддается обработке, чем камень, человек перешел на медь и стал выделывать свое оружие из меди. Применяв для обработки меди огонь, он научился лить из нее различные предметы. Постепенно человек познал тайну рудных камней и стал получать медь из рудных минералов (малахита, медного колчедана и т. д.). В Греции и Египте, приблизительно от 3000 до 2500 года до нашей эры, была в употреблении только одна медь. Потом, примешав к меди олово, человек получил более твердый металлический сплав — бронзу. Бронзовые изделия в Греции были распространены за 1000 лет до нашей эры. Время употребления меди и бронзы называется *бронзовым веком*.

Пробуя различные камни на получение из них путем выплавки меди, человек открыл железные руды и добыл из них железо. Последнее оказалось по своим качествам более пригодным для

изготовления оружия и инструментов, чем бронза, и поэтому бронзовые изделия были вытеснены железными. С момента употребления человеком железа начинается *железный век*. В Греции он начался с 1000 г., а в Египте с 1500 г. до нашей эры.

Сохраняя всюду свою последовательность, все эти века были неодновременными в различных местах земного шара. Подобно тому как в настоящее время одновременно с высококультурными народами Европы и Америки встречаются культурно-отсталые племена в Африке, Австралии и Азии, до сих пор живущие в шалашах и пользующиеся луком и стрелами, так и в доисторический период народы в различных частях земного шара находились на различных ступенях развития.¹ В долине реки Нила остатки каменного века найдены на глубине 18 м, а в канале Махмудиэ — на 27 м ниже уровня Нила. Из скорости нарастания нильских наносов высчитали, что человек каменного века жил здесь за 30 000—45 000 лет до нашей эры. В Северной Европе каменный век был за 4000—2500 лет до нашей эры. Железный век в Европе и Северной Америке начался за 1000 лет до нашей эры, а у японцев бронзовый век продолжался еще в семнадцатом столетии нашей эры.

¹ Разница в культурном развитии народов в древние времена и теперь заключается в том, что в первом случае неравномерность развития шла естественным путем, тогда как в настоящее время культурное развитие так называемых «диких» народов искусственно задерживается империалистическими странами в своих захватнических интересах.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов, В. — Настоящее и прошлое земли (популярная геология и минералогия). Изд. ОНТИ, ч. I и II, 1932. Ц. по 3 р. 40 к. — 6 р. 80 к.
- Анучин, Д. Н. — Происхождение человека. 2 изд. ГИЗ, М. — Л. 1928.
- Архангельский, А. Д. — Геологическое строение СССР. Изд. 2, в. 1, II 1934, ГГН Изд. М. — Л.
- Бельше, В. — В каменноугольном лесу. Изд. Сойкина, М., 1912.
- Берг, Л. С. — Ландшафтно-географические зоны СССР. Сельхозгиз. Л., 1931. Ц. 4 р., 75 к.
- Боммели — История земли.
- Борисяк, А. А. — Курс исторической геологии. Изд. 4. ОНТИ, 1935, Л. Ц. 7 р. 25 к.
- Борисяк, А. А. — Курс палеонтологии, ч. 1, 2, 3. М. 1905—1919.
- Брюкнер, Э. — Земная кора, перев. с 5 нем. изд. под ред. Андрусова. Изд. Брокгауз-Ефрон, СПб. 1905.
- Бубнов, С. — Основные проблемы геологии. Перев. с нем. под ред. Милановского. Г.-Г.-Нефт. Изд., 1934, Л. 4 р. 10 к.
- Вальтер, И. — Законы образования пустынь. Перев. с нем. с доп. Берга и Дубянского. Изд. Девриена. СПб. 1911.
- Вальтер, И. — История земли и жизни. Изд. Брокгауз-Ефрон, 1910—1911, Ц. 6 р.
- Вальтер, И. — Море и его жизнь. Т. I и II. Прил. в журн. «Знание и жизнь». СПб. 1905.
- Вальтер, И. — Первые шаги в науке о Земле. Общедоступное введение и наставление к производству наблюдений. Изд. журнала «Землеведение». ГИЗ, М. 1925.
- Варсонофьева, В. А. — Жизнь гор. Изд. 2, Общ-во изуч. Средней Азии, М. 1933. Ц. 2 р. 40 к.
- Вебер, В. Н. — Методы геологической съемки (Полевая геология). ОНТИ. 1937.
- Вегенер, А. — Происхождение материков и океанов, перев. с нем. ГИЗ, 1925.
- Вейнерт, Г. — Происхождение человечества. Пер. с нем. под ред. Гремяцкого, Биомедгиз, М. 1935, Ц. 6 р. 75 к.
- Вернадский, В. И. — Очерки геохимии. Изд. 4, ГГН Изд., Л. 1934. Ц. 7 р. 50 к.
- Вульф, Е. В. — Историческая география растений. Ак. Н. СССР. Л. 1936. Ц. 11 р.
- Гаазе, Е. — Земная кора. Изд. «Космос». М. 1916.
- Гетчинсон — Вымершие чудовища. Пер. с англ. Павловой в. 1—7. изд. тип. «Печатное дело». 1898—1913. М.
- Гернес — Культура доисторического прошлого. Каменный век. Вып. I. Изд. «Фарос», 1914.
- Готан — Ископаемые растения. Изд. «Природа». М. 1914.
- Граф, Г. — История развития Земли. Перев. с нем. Изд. Атеист.
- Гринли, Э. и Вильямс, Х. — Методы геологической съемки, ГГН Изд., 1933. Ц. 3 р. 75 к.
- Деперье, М. — Превращение животного мира. 2 изд. Птг., 1921.
- Елачич, Е. — О вымерших животных. ГИЗ. Поп.-науч. библи. М. — Птг. 1923.

- Елачич, Е. — О происхождении птиц и вымерших птицах. ГИЗ. Изд. 3. Жемчужников, Ю. А. — Курс палеофаунистики. ГГНИзд., Л. 1934. Ц. 4 р. 50 к.
- Зупан, А. — Основы физической географии. Новое изд. по 5 нем., ред. Анучина. Тип. Бенке. Птг. 1914.
- Кайзер, Э. — Краткий курс общей геологии. ГИЗ, 1935, Ц. 3 р. 60 к.
- Карпинский, А. П. — Очерки геологического прошлого Европейской России. Изд. «Природа». Л. 1919.
- Кейльгак, К. — Подземные воды. Пер. с 2 нем. изд., под ред. Славянова. ГРГ Изд. Л. 1935.
- Костычев, С. О. — О появлении жизни на Земле. Изд. 2. Берлин. 1921.
- Криштофович, А. Н. — Курс палеоботаники. ГГН Изд. изд. 2. Л. 1934. Ц. 6 р.
- Крубер, А. А. — Карстовая область горного Крыма. М. 1915. Ц. 2 р.
- Крубер, А. А. — Общее землеведение. Ч. I, II и III, М., изд. 3. Учпедгиз, 1935.
- Ланкестер, Е. — Вымершие животные. ГИЗ, 1924.
- Левинсон-Лессинг, Ф. Ю. — Введение в геологию. Научн. хим.-техн. Изд., Птг., 1923.
- Левинсон-Лессинг, Ф. Ю. — Петрография. Изд. 4. Г.-Разв. и Геодез. Лит., Л. 1935. Ц. 7 р. 50 к.
- Левинсон-Лессинг, Ф. Ю. и Струве, Э. А. — Петрографический словарь. ГНТГРИзд. Л. 1932. Ц. 17 р.
- Лизе, Ч. — Структурная геология. Пер. с англ. под ред. Шацкого. ОНТИ. М. 1935. Ц. 4 р. 40 к.
- Линдеман, В. — Земля, ее жизнь и история. Общедоступная геология. Изд. Девриена. 1914. Ц. 3 р. 50 к.
- Лодочников. — Краткая петрология без микроскопа. ГГНИзд., Л. 1934. Ц. 2 р. 60 к.
- Лукашевич, И. Д. — Неорганическая жизнь земли. Т. I, II и III, 1908—1911. Ц. 7 р. 50 к.
- Лучицкий, В. И. — Петрография. Т. I и II. ГГНИзд. 1934. Ц. 8 р. 20 к.
- Мазароич, А. Н. — Курс исторической геологии. ОНТИ Изд. 2. М. 1937, Ц. 7 р. 25 к.
- Мирчинк, Г. Ф. — Историческая геология. Ч. I. ОНТИ. М. 1934, Ц. 1 р. 75 к.
- Михайловский — Историческая геология, в. I. СПб. 1913. Ц. 2 р. 60 к.
- Мушкетов, И. В. — Физическая геология. 1924.
- Наливкин, Д. В. — Курс исторической геологии. Георазведиздат., Л. 1932. Ц. 3 р. 40 к.
- Наливкин, Д. В. — Учение о фациях. ГНТГРИзд. 2 изд. Л. 1933. Ц. 5 р. 50 к.
- Неймайр, М. — История Земли. Перев. с нем. под ред. Иностранцева. Т. I и II. Изд. 2. «Просвещение». СПб. 1904.
- Неймайр, М. — Корни животного царства. Перев. с нем. Павловой. М. 1919.
- Нечаев, А. П. — В царстве воды и ветра. Изд. Девриена, СПб.
- Нечаев, А. П. — Горы и их жизнь. М. 1913.
- Нечаев, А. П. — Между огнем и льдом. Изд. Девриена. СПб.
- Нечаев, А. П. — Что говорят камни. Изд. 3-е. Девриена.
- Обермайер, Г. — Доисторический человек. Изд. Брокгауза и Ефрона. 1913.
- Обручев, В. А. — Геология Сибири, т. I, II. Изд. СОПС. Ак. Н. СССР. Л. 1935. Ц. 12 р. 50 к.
- Обручев, В. А. — Полевая геология. 3 изд., ч. 1, 2. ГГН изд.
- Ог, Э. — Геология, т. I. Перев. с франц. под ред. Милановского. Изд. 6, Л., 1935, Ц. 8 р.
- Осборн, Г. — Человек древнего каменного века. Перевод с англ. под ред. Вишневого. Изд. «Путь к знанию». Л. 1924. Ц. 4 р. 50 к.
- Павлов, А. П. — Вулканы на земле и вулканические явления во вселенной. СПб. 1899.
- Павлов, А. П. — Землетрясения. СПб. 1903.
- Павлов, А. П. — Морское дно и созданные морем геологические напластования. Научно-попул. библ., М. 1922.

- Павлов, А. П. — О древнейших на земле пустынях. М. 1910.
- Павлов, А. П. — Очерк истории геологических знаний. ГИЗ. Ест. научн. библи. Пгг. 1921.
- Павлов, А. П. — Представление о времени в истории, археологии и геологии. М. 1919.
- Павлов, А. П. Природа землетрясений и землетрясения в Японии. ГИЗ. «Природа и Культура», кн. 4, 1923—1924.
- Павлов, А. П. — Реки и люди. М. 1923.
- Павлова, М. В. — Палеозоология. Ч. I 1927, ч. II 1929. Ц. 11 р. 85 к.
- Петерс — Что говорят камни.
- Курс минералогии. — Под ред. Болдырева и др. 1937.
- Ратцель, Ф. — Земля и жизнь. Т. I, 1905 и II, 1906. Изд. Брокгауза-Ефрона. 1906, Ц. 10 р.
- Розенбуш, Г. — Описательная петрография, перев. с нем. под ред. Лодочникова. ГГНИзд. Л. 1934. Ц. 13 р.
- Ротэ, Э. — Землетрясения. Перев. с франц. Гос. Техн.-теорет. изд. М. — Л. 1934. Ц. 4 р.
- Саваренский, Ф. П. — Гидрогеология. ГГНИзд., изд. 2, М. 1933.
- Скотт, Д. — Эволюция растительного мира. Изд. «Наука». М. 1914. Ц. 1 р. 80 к.
- Сукачев, В. Н. — Болота, их образование, развитие и свойства. Изд. «Новая деревня». Л. 1923.
- Танфильев, — География России, Украины и примыкающих к ним с запада территорий, ч. I и II. Укр. ГИЗ. Одесса. 1922.
- Тетяев, М. М. — Основы геотектоники. Изд. Геол.-разв. и геодезич. лит., Л. 1934, Ц. 4 р. 75 к.
- Тиррель, Г. В. — Вулканы. Перев. с англ. 1934. Ц. 3 р.
- Тиррель, Г. В. — Основы петрологии. Перев. с англ., под ред. Заварицкого. ГНТехн. Изд. Л. Ц. 3 р. 20 к.
- Ферсман, А. Е. — Геохимия. ОНТИ. 1934, т. I. Ц. 5 р. 50 к.
- Ферсман, А. Е. — Занимательная минералогия. Изд. Время, Л., 1929.
- Ферсман, А. Е. — Краткое руководство к собиранию минералов. 1920. Н. хим.-техн. изд. Пгг. 1920.
- Циттель, К. — Основы палеонтологии. ч. I. Беспозвоночные. Л. 1934. Ц. 19 р. 50.
- Шарф, Р. Ф. — Европейские животные, их геологическая история и географическое распространение. Изд. «Природа». М. 1918.
- Шульга — Нестеренко, М. И. — Снег и лед в жизни Земли. ГИЗ.
- Щукин, И. С. — Общая морфология суши, т. I. Изд. 2. ОНТИ. М. 1934.
- Яковлев, Н. Н. — Учебник палеонтологии. Изд. 5. ОНТИ. 1937.
- Яковлев, С. А. — Гранит, песчаник, известняк и сланец. ГИЗ. Л. 1928. Ц. 75 к.
- Яковлев, С. А. — Как преподавать геологию и минералогию в трудовой школе. ГИЗ. Л. 1925. Ц. 55 к.
- Яковлев, С. А. и Земляков, Б. Ф. — Происхождение человека. Таблица в рисунках с пояснительным текстом. Изд. Акц. общ. Наглядных пособий. М. 1925.

РУКОВОДСТВА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСКУРСИЙ

- Безбородько, Н. Кристаллические породы окрестностей Винницы на Подолии. 2 всес. съезд геологов, 1926. Київ. Ц. 1 р.
- Богачев, В. В. Геологические экскурсии в окрестностях Баку. Научные Известия Азербейдж. Политехн. Института, 1925, № 2, Баку. Ц. 30 к.
- Богачев и Шишкина, А. Путеводитель для геологических экскурсий в Земле Войска Донского. Окрестности г. Ростова на Дону. Новочеркасск. 1919.
- Боч, П. Н. Экскурсии на север. ГИЗ. 1926.
- Выржиковский, Р. В. Геологический путеводитель по Западной Подолии. 2 всес. съезд геологов, 1926. Київ.
- Гембицкий, С. Геологическая экскурсия на Военно-Грузинскую дорогу. Днепропетровск, 1916, Ц. 20 к.
- Даниловский, И. В. Наблюдение над образованием террас проточными водами и террас р. Поповки. Журн. «Исследуйте природу», 1924, № 2 Л1 Ц. 50 к.

Доктуровский, В. С. Экскурсия на торфяное болото. Шуваловский торфяник. Журн. «Экскурсионное дело», 1924, № 1.

Дубянский, В. А. Экскурсия на дюны. Птг. 1919.

Земляков, Б. Ф. Геологическая экскурсия на морское побережье (Лакта). Журн. «Естествознание в школе», Л. 1925.

Земляков, Б. Ф. Геологическая экскурсия на Хибины. ГИЗ, Л. 1926.

Земляков, Б. Ф. По следам доисторического человека. Журн. «Естествознание в школе», 1926, № 4, Л.

Клепинин, Н. Н. Геологический очерк Крыма. Крымгиз. Симферополь. 1929. Ц. 20 к.

Клепинин, Н. Н. Геологические экскурсии в окрестностях Симферополя.

Милановский, Е. В. Геологический очерк Поволжья. Путеводитель по Среднему Поволжью. М. 1927. Ц. 1 р. 80 к.

Павлов, А. П. Геологический очерк окрестностей Москвы. 4 изд. под ред. Ланге. М. 1934.

Первый Всеросс. Геологический Съезд 1922 г. Содержит описание геологических экскурсий по Ленинграду, реке Неве, окрестностям Петергофа, по юго-западному побережью Онежского озера, по Кольскому п. о. и т. д. Птг., 1922.

Путеводитель экскурсий Второй четвертично-геологической конференции АИЧПЕ. ГНТГР Изд. Л. 1932. 6 р.

Райков, Б. Е. Геологические экскурсии в окрестностях Петрограда. ГИЗ Л. 1923.

Райков, Б. Е. К методике геологических экскурсий. Журн. «Естествознание в школе», № 6—8. Л. 1922.

Ризниченко, В. В. В горах и кручах района Каневской дислокации. Путеводитель экск. II всес. съезда геологов, 1926.

Рудницкий, С. Наукова экскурсия Украинского н. досл. инст. геогр. та картогр. на Донецкий кряж. Зап. Укр. н.-д. инст. геогр. та картогр., 1930, в. 2. Київ.

Сукачев, В. Н. Экскурсия на торфяное болото. НКП. Птг., 1929. Третий всес. геолог. съезд. Пут. экск.

Тутковский, П. А. Путеводитель экскурсий по Волини. Второй всесоюзный съезд геологов, 1926.

Федоровский, А. Геологический очерк г. Харькова и его окрестностей. Харьков, 1916.

Федоровский, А. Геологический очерк Харьковской губернии. Изд. «Союз» Харьковск. кредитного союза кооперативов.

Эдельштейн, Я. С. Программа геологических наблюдений. Сборник программ школьных наблюдений над природой. ГИЗ. Птг. 1922.

Яковлев, С. А. Наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей. Изв. Н.-Мелиорац. Инст. Л. 1926. № VIII—XIII.

Янишевский, М. Э. Река Поповка, как ключ к изучению геологического строения Петрограда. Журн. «Экскурсионное дело», № 1, Птг. 1921.

Путеводители экскурсий XVII международного геологического конгресса, ОНТИ, 1937 г.

Нефтяная экскурсия — Азербайджанская ССР. Грузинская ССР. Дагестанская и Чечено-Ингушская АССР. Кубано-Черноморский р-н. Пермское Прикамье. Башкирская АССР, Самарская Лука.

Новоземельская экскурсия — Часть I, общая. Часть II, маршруты.

Пермская экскурсия — Северный маршрут. Южный маршрут.

Северная экскурсия — Карельская АССР. Кольский полуостров.

Сибирская экскурсия — Западная Сибирь. Красноярский край. Урал.

Уральская экскурсия — Северный маршрут. Южный маршрут.

Эксперсия по Кавказу — Армянская ССР. Главный хребет. Заповедник. Грузинская ССР. Западная часть. Черноморское побережье.

Эксперсия по Подмосковному каменноугольному бассейну.

Южная экскурсия — Донецкий каменноугольный бассейн. Крымская АССР. Украинская ССР.

Путеводитель по Горному музею в Ленинграде

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абразия 64
 Адакна 292
 Айсберг 68
 Аллофан 46
 Алмаз 25
 Альбит 29
 Алюминий 31
 Аметист 27
 Аммониты 216, 221, 232, 243, 250, 260
 Аморфное состояние тел 23, 24
 Амфибии 220
 Амфиболы 31
 Анализ спектральный 4
 Ангидрид 122
 Андезит 175, 176
 Аномалии магнитные 20
 Аномалия Курская магнитная 21, 258
 Аномалия отрицательная 18
 Аномалия положительная 18
 Анортит 29
 Антракозавры 223
 Антрацит 104, 105
 Анцилюс 295
 Апатит 32, 247
 Апофизы 160
 Араукарии 247, 254
 Аргентит 25
 Арктоцион 267
 Археозавр 223
 Археоптерикс 246
 Археорнис 246, 247
 Археоциаты 209
 Анхитерий 261
 Асбест 31
 Атлантозавр 254
 Атолл 114
 Атрио-дель-Кавалло 156
 Ауцелла 245
- Базальт 176
 Базальт нефелиновый 177
 Базальт оливиновый 176, 177
 Базис размывания 58
 Базис эрозии 58
 Бакулитес 252
 Барисфера 19
 Барханы 92, 293
 Барьер подводный 121
 Бассейн Донецкий каменноугольный 195, 259
 Батолиты 160
 Белемнителла 252
- Белемниты 240, 245, 252, 260
 Биотит 30
 Блаттины 224
 Блеск железный 27
 Блеск медный 26
 Блеск свинцовый 25
 Блеск серебряный 25
 Блеск сурьмяный 25
 Бок висячий 200
 Бок висячий поваренной соли 122
 Бок лежащий 200
 Бокка 155
 Бокситы 46
 Болота 102
 Болото моховое 102
 Бомбы вулканические 169, 171
 Бранхиозавры 223
 Бури магнитные 20, 22
 Бык древний 301
 Бык первобытный 301
- Валуны исштрихованные 88
 Валуны фасеточные 88
 Валуны продольные моренные 92
 Вал береговой 107
 Валуны 107, 283
 Век 203
 Век бронзовый 310
 Век железный 311
 Век каменный 308, 309
 Век каменный древний 310
 Век каменный новый 310
 Век металлический 310
 Век неолитический 310
 Век палеолитический 310
 Верблюды 289
 Вершина оврага 54
 Вершина 289
 Вкрапленники порфириновые 175
 Вода морская 120
 Вода речная 120
 Водопады 58, 59
 Водоросли морские 210
 Водоросли известковые 251
 Водоросли фукоидные 220
 Воды артезианские 48, 49
 Воды грунтовые 46, 47
 Воды ювенильные 182
 Воды юношеские 182
 Возвышенность Валдайская 281
 Возвышенности денудационные 133
 Впадина Кумо-Маньчская 296

Впадина Московская 257
Вулканизм 153
Вулканоиды 183
Вулканы 153, 154
Вулканы грязевые 183
Вулканы действующие 161
Вулканы однородного строения 156
Вулканы потухшие 161
Вулканы простые 156
Вулканы сложные 156
Вулканы смешанного строения 157
Вулканы типа Везувия 155
Вулканы типа Гавайских островов 158
Вулканы типа мааров 154
Волны упругости поверхностные 188
Волны упругости поперечные 187
Волны упругости продольные 187
Время послеледниковое 294
Выветривание 43
Выветривание перигляциальное 72
Выветривание подледниковое 72
Выветривание физическое 42, 45
Выветривание химическое 45

Габбро 35
Габбро оливиновое 35
Газ светильный 105
Галенит 25
Галит 120
Галька 107
Гейзерит 101, 183
Гейзеры 101, 181, 182
Геликс 289
Геосинклинали 149
Геонд 15
Гесперорнис 254
Гинкго 247, 254
Гипнум 102
Гипоцентр 187
Гиппарион 261
Гипс 122
Глетчеры 67
Глина кембрийская 210
Глина красная глубоководная 119
Глина фарфоровая 46
Глинт 295
Глиптодон 301
Глобигерины 116
Глоссоптерис 236
Гнейс 36
Голоптихиус 218
Гониатиты 216
Гоплитес 251
Горизонт геологический 203
Горообразование 135
Горст 142
Горы 133
Горы аккумуляционные 133
Горы Амодейские 195
Горы кольцевые 156, 157
Горы массивные 135, 141
Горы насыпные 133
Горы островные 134

Горы складчатые 134, 135
Горы складчатые несимметричные 138
Горы складчатые перекрытые 139
Горы складчатые симметричные 138
Горы тектонические 134
Грабен 143
Гравиметрия 18
Градиент геотермический 16, 151
Градус геотермический 16
Гранаты 31
Гранит 34
Гранит биотитовый 34
Гранит двуслюдистый 34
Гранит мусковитовый 34
Гранит роговообманковый 34
Гранито-гнейсы 37
Граптолиты 213
Графит 25
Гребень горного массива 142
Грибы каменные 79
Гроссуляр 31
Группа альгонская 207
Группа архейская 207
Группа археозойская 207
Группа докембрийская 207
Группа мезозойская 238
Группа неозойская 259
Группа палеозойская 207
Губки 252

Давление боковое 145
Давление радиальное 145
Давление тангенциальное 145
Дацит 175
Движение ледников 69
Движения эпйрогенические 127
Действие ледников на земную поверхность 71
Дельты 87
Делювий 290
Деревья двудольные 257
Деревья кордаитовые 220
Деревья саговиковые 242, 247, 254
Деревья тайнобрачные 242
Деревья хвойные 236, 242, 247, 254
Дефляция 75
Деятельность ледника в Фенноскандии 279
Диабаз 176
Диagenезис 152
Диатомеи 116
Диктионема 208
Динозавр 246
Динорнис 303
Динотерий 268
Диорит 35
Диорит кварцевый 35
Диплодок 246
Дипротодон 303
Дислокация пород 134
Дифференциация магмы 33
Лицерас 245
Дно морское 84, 105, 125, 148
Доггер 242

- Доломит 113
 Дрейссензия 292
 Дунит 36
 Дюны 94, 95
 Дюны параболические 96
 Ежи морские 21, 245, 252
 Железняк бурый 99
 Железняк красный 27
 Железняк магнитный 27, 33
 Железняк хромистый 32
 Жерло вулкана 153
 Животные долговечные 203
 Животные однопроходные 303
 Животные сумчатые 303
 Жилы 160
 Закон Бэра 61
 Залегание нарушенное 197, 199
 Залегание несогласное 198
 Залегание нормальное 197
 Залегание согласное 197
 Зандры 283, 286, 289
 Зейглонд 262
 Землетрясения 185
 Землетрясения вулканические 186
 Землетрясения от обвалов 186
 Землетрясения тектонические 186
 Земля 14
 Змеевик 31
 Земноводные 220
 Золото 25
 Зона 203
 Игуанодон 252
 Извержение вулканов типа Везувия 163
 Извержение вулканов типа Гавайских островов 166
 Извержение вулканов типа Кракатау 165
 Извержение вулканов типа маар 162
 Извержение вулканов типа Мон-Пеле 165
 Извержение подводное 167
 Извержение подземное 161
 Известняки 110
 Известняк глауконитовый 210
 Известняк эхиносферитовый 210
 Известняк ортоцератитовый 210
 Известь гашеная 112
 Известь негашеная 112
 Изобазы 130
 Изогоны 20
 Изодинамы 20
 Изоклиналы 20
 Изостазия 147
 Ил глобигериновый 116
 Ил диатомовый 117
 Ил органический 116
 Ид радиолярный 118
 Ил терригенный 115
 Илы 115
 Ильменит 32, 33
 Индикотерий 268
 Иностранцевия 235
 Интрузии 34, 160
 Иольдиа 295
 История Черного моря 296
 Источники термальные 181
 Ихтиозавр 241, 245, 260
 Ихтиорнис 254
 Ихтиостегалия 220
 Камень амазонский 29
 Каламиты 104, 227, 236
 Кальдеры 157
 Кальцеоля 216
 Камень гороховый 101
 Камнеточцы 128
 Камни качающиеся 79
 Карманы каменные 77
 Карнизы каменные 79
 Камни шаровидные 79
 Каолин 46
 Кардиум обсолетум 264
 Кардиум фиттони 264
 Кардиум эдуле 292, 297
 Карст 51
 Карта геологическая 204
 Кварц 27
 Кварцит 284
 Кизельгур 118
 Кислота метакремневая 29
 Кислота ортокремневая 29
 Кокколиты 116
 Кокс 105
 Колчедан железный 26
 Колчедан медный 26
 Колчедан серный 26
 Компас горный 137, 138
 Контакт пород 33
 Конус извержения 156
 Конусы выноса 86
 Конусы осыпания 81
 Конусы паразитические 159, 173
 Кора земная кристаллическая 23
 Кора седиментарная 38
 Кораблик 211
 Кораллы 110, 245, 266
 Кордаиты 227, 230
 Корки хлебные 171
 Корненожки 251
 Коса 108
 Котлы гигантов 59
 Котлы исполиновые 59
 Кратер 154
 Кратеры эксплозионные 154
 Кривая предельного склона 58
 Крики 219
 Криоцерас 252
 Кружево каменное 77
 Крылья складки 137
 Лабрадор 30
 Лава 153, 177
 Лава волнистая 173, 175

Лава глыбовая 173
Лавы 172
Лагуна 114, 121
Лакколиты 160, 161
Ландшафт холмистый моренный 285
Лапиллы 169, 171, 277, 279
Лбы бараньи 75
Ледники 67, 272
Ледники альпийского типа 67
Ледники гренландского типа 68
Ледники материкового типа 68
Ледники плато 68
Ледники скандинавского типа 68
Ледники стационарного состояния 71
Лейас 242
Ленинградская область 295
Лепидодендроны 104, 227, 228, 235
Лес пьяный 53
Лёсс 98, 288, 290
Ликофория 212
Лилии морские 212, 245, 252
Лиманы 297
Лимнеус 289
Лимонит 99
Лингуля 207
Линии фраунгоферовы 5
Линии удара 187
Литорина 295
Липарит 175
Лошадь дикая 301

Маары 154
Магма 33
Магнетизм земли 19
Мактра пондероза 264
Мальм 242
Мамонт 289, 299, 300
Массивы одноконные 142
Массивы складчатые 142
Массивы столовые 142
Мастодонт 268
Махайродус 267
Меандры 61
Мегатерий 301
Мергель 110
Мергель луговой 100
Меридиан магнитный 20
Медведь пещерный 301
Мерзлота почвы 16, 300
Метаморфизм 151
Метеориты 4, 6
Метеориты железные 9
Метеориты каменные 9
Метеориты стекловатые 9
Минералы 23, 24, 25
Миоцен 261
Мирабилит 123
Млекопитающие 261, 266, 269
Многогранники эоловые 75
Моа 303
Мозазавр 252, 260
Море 105, 119, 120
Море акчагыльское 265
Море волжское 243

Море ильдиевое 295
Море литориновое 295
Море сарматское 263
Морена донная 86
Морена нижняя 88
Морены боковые 89
Морены конечные 90, 283
Морены срединные 89
Моретрясение 193
Моря песчаные 93
Мрамор 113
Мука горная 118
Мульда Харьковская 259
Муры 86
Мусковит 30
Мустье 307
Мшанки 212
Наклонение 20
Наносы ледниковые Русской равнины 283
Насекомые 223, 224, 257
Наутилус 211
Небулий 10
Несогласие маскированное 201
Нефелин 30, 34
Нефть 104, 124, 237, 271
Носорог 289, 297, 299
Носорог волосатый 300
Нуммулиты 266
Нунатаки 68
Обвалы 52, 53
Области мелко-озерного ландшафта 285
Области отложения 81
Область древне-каспийских трансгрессий 292
Область лёссовая 288
Области, не бывшие подо льдом 287
Область северо-восточного Заволжья 290
Область южно-русских степей 288
Обманка роговая 31
Обманка цинковая 25
Обнажение 196
Облюс 208
Обсидиан 177
Обугливание 103, 104
Овес каменный 221
Овраги 54
Овцебык мускусный 301
Озера ледникового выпавивания 277, 280, 281
Озера моренного ландшафта 285
Озера соляные 293
Озеро анциловое 295
Озы 280
Окаменелости 202
Окаменелости руководящие 203
Окислы 25, 27
Олень исполинский 301
Олень северный 301
Оливин 31
Олигоцен 261

- Опал 46
 Оползни 52
 Орогенез 133
 Ортизина 212
 Ортис 212
 Ортоклаз 29
 Ортоцерас 210, 211, 221, 240
 Орштейн 99
 Осадки 81
 Осадки аллювиальные 86
 Осадки береговые 105
 Осадки делювиальные 84
 Осадки ледниковые 88
 Осадки морские глубоководные 105, 115
 Осадки морские мелководные 105, 108
 Осадки морские пелагические 105, 115
 Осадки морские терригенные 105
 Осадки морские химические 119
 Осадки органические 101
 Осадки пролювиальные 84
 Осадки речные 86
 Осадки срединных глубин 115
 Осадки флювио-гляциальные 91
 Осадки химические 99
 Осадки эоловые 92
 Останцы 79
 Острова коралловые 113, 114
 Ось складки 137
 Отвершки оврага 54
 Отдел 203
 Отпечатки 202
 Отторженцы 34

 Падение складки 137, 138
 Палеоген 261
 Палеотерий 267
 Палеоцен 261
 Палец чортов 241
 Папоротники гигантские 104
 Папоротники древовидные 214, 220, 227, 236, 247, 254
 Парейазавр 235
 Парейазавр Карпинского 235
 Пектен 262
 Пемза 119, 177
 Пепел вулканический 155, 163, 164, 165, 166, 167, 169
 Пересыпь 108
 Перидотит 35
 Период 203
 Пески 92, 107
 Песок вулканический 119, 155
 Песчаник глауконитовый 210
 Песчаник оболочковый 208, 210
 Песчаники известковые 110
 Песчаники красноцветные 215, 216
 Пещеры 49
 Пирамиды земляные 54
 Пирит 25
 Пироксены 30
 Питекантропус эректус 305
 Плагноклазы 29
 Планетеземали 13

 Планеты 12
 Планорбис 289
 Пластичность льда 69
 Платформа континентальная 108
 Платформа Русская 194
 Плауны 220
 Плезиозавр 241, 242, 245, 260
 Плиоцен 261
 Плоскости спайности 26
 Плоскость осевая (складки) 137
 Плоскость земли 18
 Пляж 107
 Поверхность гомосейсмическая 187
 Пойма 60
 Покров холмистый моренный 91
 Полиптерус 210
 Породы архейские 37
 Породы археозойские 220
 Породы водонепроницаемые 47
 Породы водопроницаемые 46, 47
 Породы вулканические кислые 175
 Породы вулканические основные 176
 Породы вулканические средние 175
 Породы вулканические ультра-основные 177
 Породы горные кристаллической коры 33
 Породы интрузивные 33, 34, 37
 Породы континентальные осадочные 84
 Породы метаморфические 151
 Породы обломочные 84
 Породы осадочные 38, 81
 Породы осадочные морские 105, 126
 Породы палеозойские 200
 Породы эффузивные 34
 Порфир кварцевый 284
 Порфирит 175, 176
 Последствия землетрясений 190
 Пояс выветривания горных пород 152
 Пояс верхний глубинный 152
 Пояс нижний глубинный 153
 Пояс средний глубинный 152
 Пояс цементации горных пород 152
 Пресмыкающиеся 223, 266
 Приматы 269
 Притяжение земли 16
 Причины вулканических извержений 177
 Провалы 49, 51
 Продуктус 221, 232
 Продуктус гигантеус 221, 258
 Продукты возгонки 168
 Продукты вулканических извержений 168
 Продукты вулканических извержений газообразные 168
 Продукты вулканических извержений жидкие 172
 Продукты вулканических извержений твердые 169
 Проловий 86
 Простираение складки 136, 138
 Профиль геологический 196

Процессы геологические 40
Процессы отложения 81
Птеранодон 254
Птериготус 211
Птерихтис 216
Птеродактиль 246
Птицы 246, 269
Птицы каменные 79
Птицы бегающие гигантские 303
Птицы килегрудые 254
Пупа 289
Пыль 96

Рабдолиты 116
Равновесие гидростатическое 147
Размывание 54
Разрушение гор 143
Рапакиви 42, 284
Рассол маточный 122
Растения двудольные 257, 266
Раухтопаз 27
Ребро горного массива 142
Регрессия моря 127
Реки 55
Рептилии 241, 245, 252, 260, 266
Рептилии летающие 246
Рептилии тероморфные 235
Ринхонелля 216
Рифы коралловые 107, 110, 266
Рифы коралловые барьерные 113
Рифы коралловые береговые 113
Рифы песчаные 108
Рост гор 143
Руда бобовая 100
Руда железная 27
Руда медная 237
Руда озерная 100
Рудисты 252, 260
Рудяк 99
Рыбы двоякодышащие 219
Рыбы гаюидные 234, 252
Рыбы кистеперые 216
Рыбы костистые 242, 252, 266
Рыбы панцырные 213
Рытвина 54
Рытвины ледниковые 281

Сайга 289
Сальзы 183
Сальлаусельке 280
Сапропелит 104
Сбросы 141
Сброс ступенчатый 142
Сдвиги 141
Сейсмограмма 190
Сейсмограф 190
Селахии 213, 222, 234
Серебро 25
Серпентин 31
Сиватерий 268
Сигидлярии 104, 227, 229, 230, 235
Сидериты 9
Сиенит 34
Сиенит нефелиновый 34, 284

Сила тяжести 16
Сила тяжести нормальная 17
Сили 86
Силикаты 29
Симбирскитес 250
Синантропус 305
Система 203
Система девонская 214
Система каменноугольная 220
Система кембрийская 207
Система меловая 248
Система 231
Система силурийская 210
Система третичная 261
Система триасовая 240
Система четвертичная 271
Система юрская 242
Сифон 211
Скалы курчавые 75, 279
Скат материковый 108
Скафитес 252
Складка антиклинальная 136
Складки веерообразные 139
Складки изоклинальные 139
Складки косые 139
Складки лежащие 139
Складки моноклинальные 139
Складки нормальные 138, 139
Складки опрокинутые 139
Складки прямые 139
Складки синклинальные 136
Складки стоячие 139
Складчатость герцинская 237
Складчатость каледонская 214
Складчатость постгумная 151
Склонение 20
Скорпион 214
Сланец 35
Сланец диктионемовый 208, 210
Сланец кристаллический 36, 37
Сланец роговообманковый 36
Сланец слюдястый 36
Сланец тальковый 36
Сланец хлористый 36
Сложение сланцевое 35
Слои периклинальные 155
Слоистость 107
Слоистость диагональная 107
Слой постоянной температуры 15
Слюда железная 27
Слюдь 30
Смола каменноугольная 105
Смывание 53
Соединения гаюидные 25, 33
Соединения сернистые 25
Соли 119, 236
Соли кислородных кислот 25, 28
Соли титановой кислоты 32
Соли хлористой кислоты 32
Соль глауберова 123
Соль каменная 120
Сольфатары 168
Сомма 156
Состояние тел кристаллическое 23, 24

- Состояние равновесия 147
 Спайность кристаллов 26
 Спайность кристаллов весьма совершенная 26
 Спайность кристаллов довольно совершенная 26
 Спайность кристаллов несовершенная 26
 Спайность кристаллов совершенная 26
 Спектр 4, 5
 Спектр линейчатый 4
 Спектр поглощения 5
 Спектр сплошной 4
 Спирифер 216, 221
 Спирифер москвензис 221
 Спондилюс 262
 Стегозавр 246
 Стегоцефалы 223
 Стрелка 108
 Стрелы громовые 241
 Строфалозия 232
 Структура гранитная 33
 Структура кристаллически-зернистая 33
 Структура кристалло-бластическая 153
 Структура порфировая 175
 Сублиматы 168
 Суглинок валунный 91, 285
 Суглинок делювиальный 84
 Суглинок красно-бурый 290
 Сукцинеа 289
 Сурок 289
 Суффозия 49
 Суша эгейская 296
 Сфагнум 102, 104
 Сфероид 14

 Тальк 30
 Твердость минералов 25
 Тектиты 9
 Теория Вегенера 132
 Теория геосинклиналей 147
 Теория Джоли — радиоактивная 149
 Теория изостазии 147
 Теория Канта и Лапласа 145
 Теория континентальная (горообразования) 145
 Теория Оксениуса 123, 124
 Теплота Земли 15
 Термы 181
 Террасы 58
 Террасы морские 107
 Террасы речные 58
 Течение отливное 106
 Течение приливное 105, 106
 Толща балаханская 265
 Торф 101
 Торф гипновый 104
 Торф лесной 104
 Торф осоковый 104
 Торф сапропелитовый 104
 Торф сфагновый 104
 Травертино 101
 Трансгрессия бореальная 287
 Трансгрессия моря 127
 Трахит 175
 Тремолит 31
 Тригония 245
 Трилобиты 207, 208, 209, 210, 221
 Трицератопс 254
 Трог 73
 Трубки кимберлитовые 154
 Туманности 10
 Туннель Симплонский 16
 Туррилитес 252
 Туф вулканический 119, 170
 Туф известковый 100

 Углекислотная 104
 Угол падения 137, 138
 Уголь бурый 104, 226
 Уголь ископаемый 104, 226, 237, 247
 Уголь каменный 104, 226, 237, 247
 Уголь каменный жирный 105
 Уголь каменный тощий 105
 Устрицы 245
 Устье оврага 54

 Фаза горообразования альпийская 150, 151, 265
 Фаза горообразования герцинская 150, 237
 Фаза горообразования доальгонская 150
 Фаза горообразования доархеозойская 150
 Фаза горообразования каледонская 150
 Фазы горообразовательных процессов 149
 Факопс 216
 Фауна Пикерми 263
 Фашии 125
 Фация абиссальная 126
 Фация литоральная 126
 Фация неритическая 126
 Фация пелагическая 126
 Фенакодус 267
 Фенестелла ретиформис 232
 Филлипсит 119
 Филлиты 36
 Фиорды 69, 275, 277, 278
 Фирн 67
 Флексуры 139
 Флюорит 32
 Фокус землетрясения 187
 Фораминиферы 221
 Фосфаты 32
 Фосфоресценция 32
 Фосфориты 247
 Фузулина 221
 Фумаролы 173

 Халькозин 25
 Халькопирит 25
 Хвощи 220, 242
 Хемера 203
 Хететес 221

Хлорит 30
Хондриты 9
Хондры 9
Хризолит 31
Хромит 32, 33
Хронология геологическая 202
Хрусталь горный 27
Хрусталь горный дымчатый 27

Цератодус 219
Цератозавр 245
Цистоидеи 212

Человек доисторический 304
Человек неандертальский 307
Человек первобытный 307
Человек разумный 307

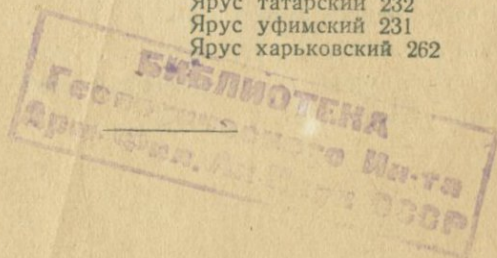
Швагерина 221, 258
Шельф 108
Шея 108
Шкала землетрясений 189
Шлейфы делювиальные 81, 84
Шов 198
Шпат известковый 111
Шпат исландский 111
Шпат плавиковый 32
Шпаты полевые 29
Шрамы ледниковые 277, 279
Штоки 161

Щиты кристаллические 38, 150, 193,
259

Экватор магнитный 20
Эвриптерус 211
Экзарация 67

Эласмозавр 252, 260
Элементы самородные 25
Элясмотерий 301
Эогиппус 267
Эоцен 261
Эпейрогенез или вековые колебания
суши 127
Эпицентр 188
Эпоха 203
Эпоха современная 294
Эпохи ледниковые 286
Эпохи межледниковые 286
Эра 203
Эра мезозойская 238
Эрозия 53
Эстуарий 88
Эхиносферит 210, 212

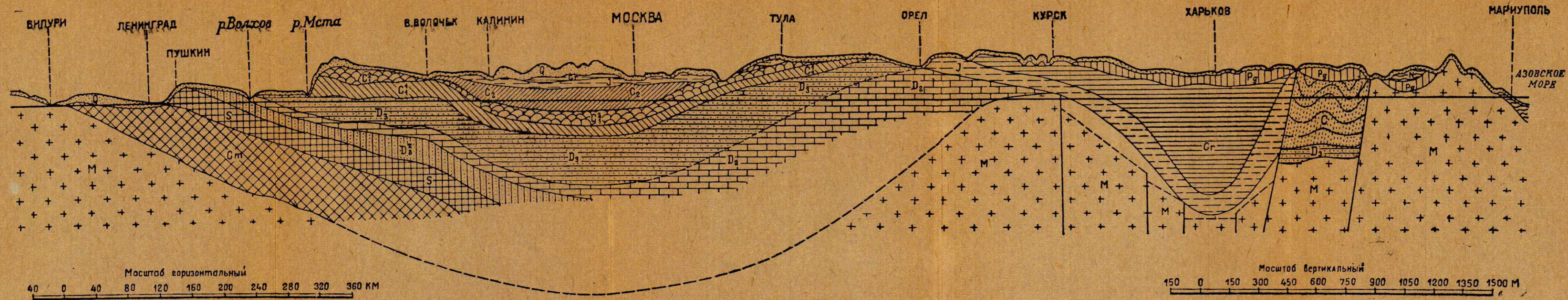
Яблоки морские 212
Явления макросейсмические 185
Явления микросейсмические 185
Ядра 202
Ярус 203
Ярус альбский 251
Ярус аптский 251
Ярус бучакский 262
Ярус верхне-неокомский 250
Ярус казанский 231
Ярус киевский 261
Ярус малевко-мураевнинский 258
Ярус московский 221
Ярус полтавский 262
Ярус понтический 265
Ярус продуктусовый 221
Ярус татарский 232
Ярус уфимский 231
Ярус харьковский 262



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Образование Земли	4
II. Форма и величина Земли	14
III. Кристаллическая земная кора	23
IV. Изменение земной коры	38
V. Процессы отложения и осадочные породы	81
VI. Вековые колебания земной коры — эпейрогенез	127
VII. Горизонтальные движения земной коры	132
VIII. Горообразование — орогенез	133
IX. Метаморфизм	151
X. Вулканизм	153
XI. Вулканоиды	183
XII. Землетрясения	185
XIII. Составление истории земной коры	193
XIV. Краткий очерк истории земной коры	207
Литература	312
Руководство для ведения геологических экскурсий	314
Предметный указатель	316





Геологический профиль Русской равнины.

1 — четвертичные отложения; 2 — неоген; 3 — палеоген; 4 — меловая система; 5 — юрская система; 6 — все три отдела каменноугольной системы; 7 — средний отдел каменноугольной системы; 8 — продуктовый ярус каменноугольной системы; 9 — угленосный ярус каменноугольной системы; 10 — верхний ярус девонской системы; 11 — среднеизвестняковый ярус девонской системы; 12 — нижне-песчанниковый ярус девонской системы; 13 — силурийская система; 14 — кембрийская система; 15 — археозойские и архейские кристаллические породы.

Цена 4 р. 75 к., пер. 75 к.

ГР-65-5-4 (2)

647