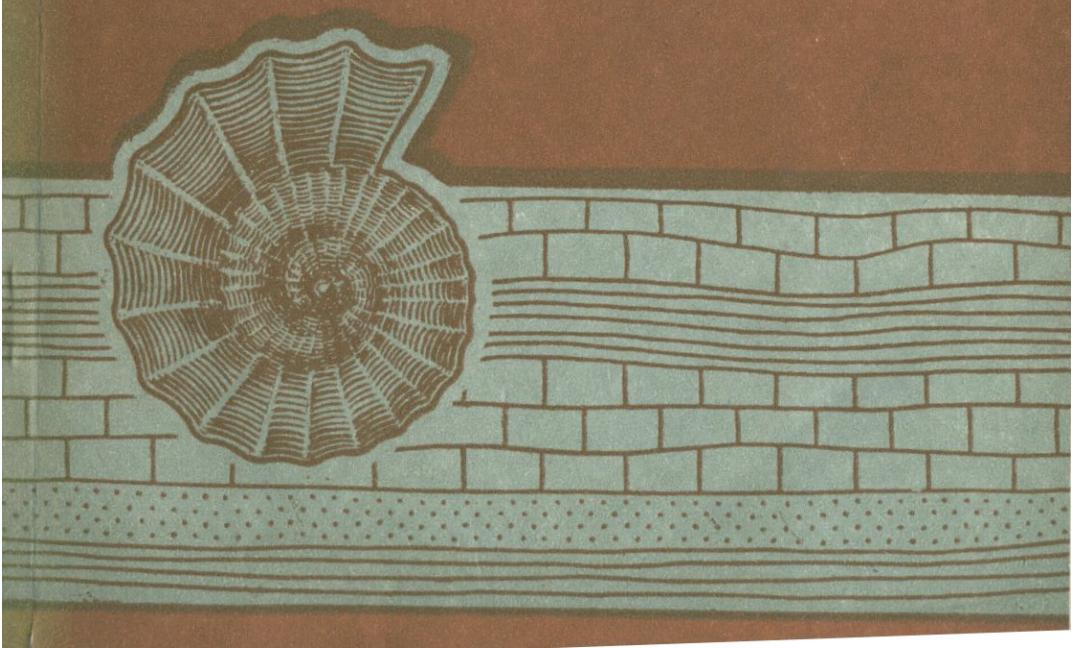


Руководство
по геологии
с основами
палеонтологии
бес позвоночных
и элементами
геоморфологии



РУКОВОДСТВО
ПО ГЕОЛОГИИ
С ОСНОВАМИ
ПАЛЕОНТОЛОГИИ
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
И ЭЛЕМЕНТАМИ
ГЕОМОРФОЛОГИИ

3234

Издательство
Московского университета
1980



Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Московского университета

Авторский коллектив: М. Ф. Иванова,
А. М. Сычева-Михайлова, В. Г. Чернов, Э. Е. Лехт,
Н. В. Макарова, А. П. Соловьева

Р е ц е н з е н т ы:

доктор геолого-минералогических наук, проф. А. Ф. Якушова
доктор геолого-минералогических наук, проф. Г. П. Горшков

**Руководство по геологии с основами палеонтологии
беспозвоночных и элементами геоморфологии**

Заведующая редакцией И. И. Щехура. Редактор Л. М. Батыгина.
Художественный редактор М. Ф. Евстафьевая. Технический редактор
Т. Е. Светличная. Корректоры Л. С. Клочкова, И. А. Мушникова

Тематический план 1980 г. № 145. ИБ № 968

Сдано в набор 20.12.79. Подписано к печати 03.03.80. Л-23277
Формат 60×90/16 Бумага тип. № 1 Гарнитура литературная. Высокая
печать. Усл. печ. л. 12,5 Уч.-изд. л. 12,65 Изд. № 595 Зак. 251.
Тираж 2750 экз. Цена 40 коп.

Издательство Московского университета. Москва, К-9, ул. Герцена, 5/7.
Типография Изд-ва МГУ. Москва, Ленинские горы
Отпечатано в типографии № 8 Управления издательств, полиграфии
и книжной торговли Мосгорисполкома, зак. 841.

**Руководство по геологии с основами палеонтологии
беспозвоночных и элементами геоморфологии.** М., Изд-во Моск. ун-та, 1980 г. 200 с., с ил.,
Таблицы.

В пособии содержатся сведения по минералогии, горным поро-
дам, геологической хронологии и руководящим окаменелостям, мето-
дике составления геологических карт и геологических разрезов, а так-
же об элементах геоморфологии.

P 20801—045
077(02)—80 145—80 1904030000

© Издательство Московского университета, 1980 г.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные занятия по курсу «Общая и историческая геология с основами палеонтологии беспозвоночных и элементами геоморфологии» представляют собой важную и необходимую часть его.

Занимаясь в течение ряда лет со студентами биологического, почвенного и географического факультетов Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, авторы пришли к необходимости дать в одном пособии основные представления о породообразующих минералах, широко распространенных горных породах, о геологической хронологии, о содержании геологических карт, об основах палеонтологии беспозвоночных и исторической геологии, об элементах геоморфологии.

«Руководство» составлено коллективом сотрудников кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ. Разделы I, II и III написаны М. Ф. Ивановой, раздел IV — В. Г. Черновым, V — А. М. Сычевой-Михайловой, VI — Э. Е. Лехт, Н. В. Макаровой, А. П. Соловьевой, А. М. Сычевой-Михайловой.

При составлении учебного пособия авторы использовали опубликованные данные И. С. Щукина, Н. П. Костенко, Е. В. Шанцера, М. Н. Петрусеевича, А. Ф. Якушовой, М. Ф. Ивановой, Н. М. Страхова, Л. Ш. Давиташвили, В. В. Друшлица, О. П. Обручевой, Б. Т. Янина, О. Б. Бондаренко, И. А. Михайловой, О. М. Левитас, Г. П. Леонова, А. Н. Ходолевич, Н. К. Горн, В. И. Бодылевского, а также «Основы палеонтологии» и др.

Раздел I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ

Глава 1 МИНЕРАЛЫ

Минералом называется природное тело, представляющее собой самородный элемент или химическое соединение нескольких элементов. Каждый минерал имеет определенное внутреннее строение и обладает присущим ему комплексом физических свойств. Минералы находятся в природе в твердом состоянии (кварц), в жидким (ртуть) и газообразном (сероводород).

Подавляющая часть твердых минералов обладает кристаллическим строением и лишь незначительная их часть — аморфным.

В веществе, обладающем кристаллическим состоянием, атомы и ионы располагаются в определенном для данного вещества порядке, образуя кристаллическую решетку (рис. 1). В аморфном веществе атомы и ионы располагаются беспорядочно, т. е. закономерность во внутреннем строении отсутствует.

Различие во внутреннем строении минералов сказывается и на их физических свойствах. Если первые из них характеризуются неравносвойственностью (анизотропностью) — их физические свойства меняются с изменением направлений, — то вторые равносвойственны (изотропны) — по всем направлениям обладают одинаковыми свойствами, зависящими лишь от химического состава.

Кристаллические минералы обладают способностью самоограняться, т. е. давать правильно образованные кристаллические многогранники. Форма кристаллов минералов

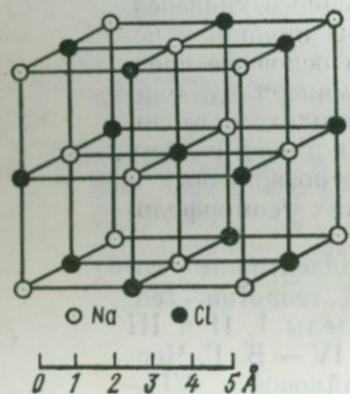


Рис. 1. Кристаллическая решетка галита

является выражением анизотропности кристаллических веществ, типа строения кристаллической решетки.

Аморфные минералы кристаллов не образуют. Для них характерны натеки с бугорчатой глянцевидной поверхностью и затвердевшие студнеобразные плотные массы, часто полосчатые или концентрически-полосчатые.

§ 1. ФОРМЫ МИНЕРАЛОВ

1. Кристаллы. В природе мы сравнительно редко встречаемся с минералами, обладающими формой правильных многогранников — кристаллов минералов. Кристаллы могут образовываться в условиях свободного роста (открытые трещины и пустоты).

Примеры кристаллов: куб — характерен для галита; октаэдр — для магнетита; шестигранная призма, увенчанная с двух сторон ромбоэдром, — для кварца (рис. 2).

Таким образом, для каждого минерала характерна своя форма кристалла, обусловленная химическим составом и внутренней структурой. Величина кристаллов зависит от условий их образования и колеблется от микроскопических размеров до многих десятков сантиметров.

Помимо одиночных кристаллов встречаются закономерные и незакономерные сростки кристаллов. Закономерное срастание двух или нескольких кристаллов получило название двойников. Так, два кристалла гипса, сросшихся между собой, по форме напоминают ласточкин хвост (рис. 2, в).

2. Составные части горной породы. Минералы чаще входят в состав горных пород, где они представлены зернами неправильной формы.

3. Минеральные агрегаты. Они различаются по форме, величине зерен и условиям образования.

По форме зерен различаются минеральные агрегаты:

- а) зернистые (галенит), имеющие изометричную форму зерен;
- б) волокнистые (асбест), столбчатые (селенит), шестиватые (роговая обманка), имеющие вытянутую форму;
- в) чешуйчатые (графит), пластинчатые (слюда), имеющие плоскую форму.

По величине зерен различаются минеральные агрегаты:

- а) крупнозернистые — размеры зерен более 3 мм,
- б) среднезернистые — 1—3 мм,
- в) мелкозернистые — 0,5—1 мм и

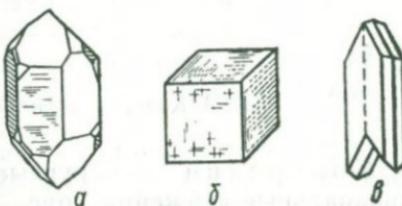


Рис. 2. Кристаллы природных минералов:
а — кварц; б — галит; в — гипс (двойник)

г) скрытокристаллические, образующие плотные либо землисто-рыхлые массы (менее 0,5 мм).

По условиям образования среди минеральных агрегатов различают:

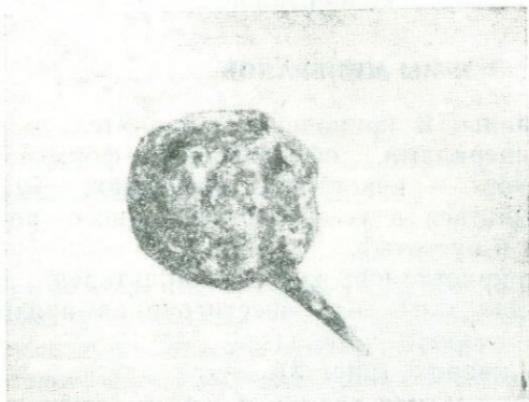


Рис. 3. Конкремция фосфорита (вокруг зуба акулы)

Конкремции — округлые или неправильной формы минеральные стяжения (рис. 3), образующиеся вокруг органических или минеральных остатков. Кристаллизация минерального вещества в конкремции происходит от центра к периферии, образуя радиально-лучистые или скорлуповатые накопления минерального вещества. Они могут быть сингенетическими (образованными одновременно с породами) и эпигенетическими (возникшими позже). К первым относятся фосфаты, ко вторым — известковистые

стяжения (журавчики в лессах). Их форма и размеры определяются условиями образования.

Секреции — скопление минерального вещества в пустотах горных пород (рис. 4). Отложение минерального вещества в отличие от конкремций происходит от стенок пустоты к ее центру с образованием концентрических слоев или кристаллов, обращенных вершинами внутрь полости,

еще не заполненной. Обычно они встречаются в карбонатных, сульфатных и других породах, подверженных растворению с образованием в них пустот. Последние заполняются минеральным веществом, выпадающим из насыщенных минеральными солями растворов. Секреции с размером попечника до 10 мм называются миндалинами, более крупные — жеодами.

Друзы, или щетки — это незакономерные сростки кристаллов, прикрепленных одним концом к стенке трещины или к поверхности полости. Кристаллы имеют выраженную форму лишь в сторону свободного пространства. Хорошие друзья представлены кварцем, топазом и другими минералами.

Оолиты — минеральные скопления в виде горошин (размером 2—3 мм) концентрически-скорлуповатого и радиально-лучистого строения. Оолитовое строение характерно для бурого железняка (бобовые руды), боксита и т. д. Они образуются путем накопления минерального вещества вокруг песчинок или органических обломков. По характеру накопления вещества от центра к периферии оолиты напоминают конкреции, почему нередко рассматриваются как их разновидность.

Натечные образования — минеральные агрегаты почковидной, гроздевидной формы, а также в виде сосулек (сталактиты и сталагмиты) или бугристых корок. В разрезе они имеют скорлуповатое, почковидное или плотное (малахит) строение.

Дендриты — древовидные, прихотливо ветвистые формы кристаллов. Одни из них плоские и напоминают отпечатки мха (марганцево-железистые соединения), другие имеют выпуклую форму (серебро, медь). Они образуются при быстрой кристаллизации минерального вещества в трещинах.

Псевдоморфозы возникают в случаях, когда минерал выполняет пустоту, образованную при растворении другого минерала (гипс по галиту) или при разложении органических остатков раковин, древесины и т. д. (фосфорит по органическим остаткам, кремний по древесине), или при замещении одного минерала другим (лимонит по пириту). В этих случаях минерал получает форму, ему не свойственную.

Плотные кристаллические агрегаты характеризуются тем, что минерал кажется однородным (жильный кварц, нефелин).

Землистые массы состоят из очень мелких (мучнистых) рыхлоупакованных кристаллов (каолинит) или представляют собой аморфные либо скрытокристаллические минералы (лимонит, марганцевые руды и т. п.).

Выцветы — пушистые моховидные скопления минерального вещества, рыхлые корочки на поверхности сухих почв, горных пород, по трещинам и т. п. В дождливое время они исчезают. Эти разновидности образуются главным образом солями (галоидными, сульфатными и др.), легко растворимыми в воде.

Кроме указанных форм минералы образуют налеты, примазки и др.

§ 2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Для определения минералов используются многочисленные методы, основанные на разнообразии свойств минералов. Среди них выделяются лабораторные и полевые. К лабораторным методам относятся кристаллографический, рентгенометрический, кристаллооптический, химический, метод паяльной трубки, спектральный, термический и другие методы точного минерального исследования. Например, с помощью кристаллографического анализа изучают форму минералов. Последняя постоянна для каждого минерала, и ее изучение дает возможность определить минерал.

Кристаллы минералов имеют разнообразные формы многогранников. Кристалл ограничен плоскостями, называемыми гранями. Пересечение граней — ребра кристалла, а пересечение ребер — вершина кристалла.

Для точной характеристики кристаллографической формы минерала определяются элементы симметрии и положение кристаллографических осей. К элементам симметрии относятся оси, плоскости и центр симметрии, определение которых производится на хорошо выраженных кристаллах или на специально изготовленных для этой цели моделях.

В природных условиях при неравномерном росте меняются форма и величина кристалла, а иногда и количество граней и ребер, но углы между соответствующими гранями всегда остаются постоянными. Эта закономерность нашла выражение в законе постоянства гранных углов — основном законе кристаллографии. Измерение гранных углов между соответствующими гранями кристаллов используется для определения минералов и производится при помощи федоровского столика. Существуют таблицы, где указаны величины гранных углов между соответствующими гранями кристаллов-минералов.

Для успешного проведения полевых геологических работ достаточно определить главнейшие минералы, которые легко распознаются, макроскопически — по комплексу физических свойств, присущих каждому минералу.

§ 3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Основными физическими свойствами минералов являются форма нахождения их в природе, цвет минерала в куске, цвет порошка, блеск, твердость, спайность и излом, прозрачность, удельный вес, а для ряда минералов особые, характерные часто только для него свойства.

Цвет минерала в куске зависит от состава минерала, характерного распределения ионов в структурной решетке и незначительных химических и механических примесей, сильно изменяющих окраску, но не влияющих на другие свойства минералов. Для ряда минералов цвет является весьма характерным признаком, например, азурит всегда синий, малахит — зеленый, аметист — фиолетовый.

Цвет минерала в порошке (цвет черты). Для получения порошка определенного минерала достаточно провести им по шероховатой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластиинки (называемой бисквитом), на которой минералы, имеющие твердость, не превышающую 6, оставляют порошкообразный след в виде черты. Цвет минерала в порошке часто отличается от цвета в куске.

Блеск минералов обусловлен отражением света от поверхности граней или поверхностей излома. Зависит он в основном от показателя преломления и в меньшей степени от агрегатного состояния минерала.

Различают виды блеска:

металлический — напоминает блеск свежего металла (пирит);

металловидный — напоминает блеск потускневшей поверхности металла (графит);

алмазный — характерен для минералов с высоким показателем преломления света (алмаз, киноварь);

стеклянный — напоминает блеск поверхности стекла, характерен для минералов с невысоким показателем преломления света (кальцит, кварц — на гранях кристалла);

жирный — поверхность минерала кажется как бы покрытой пленкой жира, что обусловлено взаимным гашением отраженных от неровной поверхности минерала лучей (нефелин, кварц — на изломе);

перламутровый — напоминает радужные переливы перламутровой поверхности раковины.

Перламутровый блеск характерен для минералов с весьма совершенной и совершенной спайностью (мусковит);

шелковистый — встречается у минералов, обладающих столбчатым и волокнистым строением (асбест);

тусклый, или матовый, — у минералов, блеск которых слабо выражен, чаще из-за очень тонкошероховатой поверхности излома (каолин).

Твердость — способность минерала противостоять внешнему механическому воздействию (обычно царапанью одного минерала другим). Ф. Моос (1773—1839) предложил метод определения твердости минерала путем царапанья его минералами-эталонами. Шкала Мооса состоит из следующих десяти минералов: тальк имеет твердость единицу, гипс — два, кальцит — три, флюорит — четыре, апатит — пять, ортоклаз — шесть, кварц — семь, топаз — восемь, корунд — девять, алмаз — десять.

Для определения твердости исследуемого минерала по его поверхности проводят эталоном шкалы Мооса. Если на исследуемом минерале остается царапина, то его твердость будет меньшей, чем у эталона; если вместо царапины на поверхности исследуемого минерала появляется черта, то твердость его больше твердости эталона. Испытание проводят до тех пор, пока исследуемый минерал не встанет в интервале между двумя эталонами, т. е. твердость его определится как промежуточная между ними или как равная одному из них. При испытании твердости мелкозернистого агрегата удобнее царапать его зернышками по эталону шкалы.

Твердость минералов можно определять и при помощи ряда предметов, имеющихся под руками: твердость 1 имеет графит мягкого карандаша, твердость 2 — поваренная соль, 2,5 — ноготь, 4 — железный гвоздь, 5 — стекло, 6 — стальной нож.

Спайность и излом. Способность кристаллов раскалыватьсь по параллельным плоскостям называется спайностью. Спайность теснейшим образом связана со строением структурной решетки минерала и проявляется в направлениях, параллельных тем, в которых существует наименьшая сила сцепления между отдельными атомами; сами же плоскости наиболее густо усажены атомами. Например, расстояние между центрами атомов внутри слоев у графита в 2,5 раза меньше расстояния между слоями. Это и способствует расщеплению его на отдельные пластинки (рис. 5).

Различают следующие степени спайности:

весьма совершенная — минерал расщепляется пальцами на отдельные пластинки с гладкими параллельными поверхностями — плоскостями спайности (слюда);

совершенная — минерал при ударе молотком раскалывается по ровным плоскостям (галит);

средняя — при ударе минерал раскалывается по плоскостям спайности с образованием ступенчатых поверхностей, все ступеньки между собой параллельны (ортоклаз);

несовершенная — на общем фоне преобладающего неровного излома наблюдаются параллельные между собой плоскости (апатит);

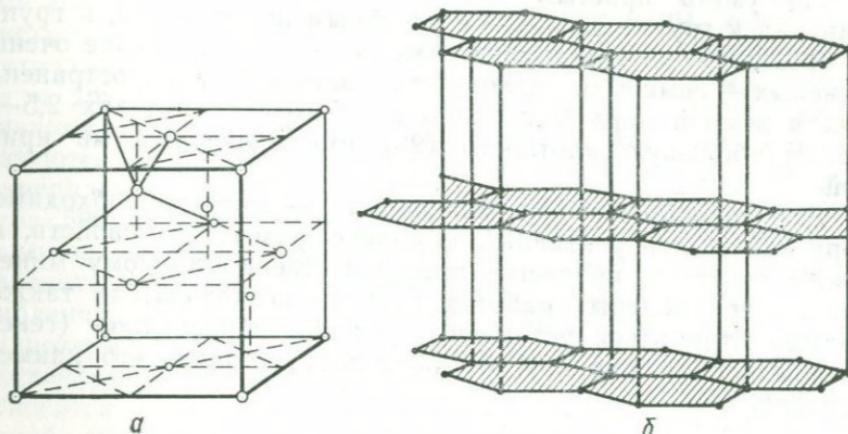


Рис. 5. Структурные решетки алмаза (а) и графита (б)

четырех (флюорит), в шести (сфалерит). При наличии спайности в двух или более направлениях необходимо указывать углы, под которыми располагаются плоскости спайности, или называть те фигуры, которые образуются плоскостями спайности. Например, спайность у галита — под прямыми углами по кубу, у кальцита — по ромбоэдру, у флюорита — по октаэдру. Спайность кристаллических агрегатов определяется для каждого зерна в отдельности.

В тех случаях, когда плоскостей спайности обнаружить не удается, говорят об изломе. Различают: раковистый излом — поверхность с концентрически расположенными углублениями — волнами, напоминающими ребристость, отмечаемую на поверхности раковин (кремень); залозистый (игольчатый) — поверхность излома как бы покрыта мелкими иголочками, встречается у минералов, имеющих длинностолбчатое строение (роговая обманка), при раскалывании их в направлении, перпендикулярном столбикам; землистый — напоминает шероховатую поверхность, как бы покрытую пылинками (каолин); неровный — плоскость в виде неопределенno выраженных поверхностей (апатит).

Прозрачность — способность минералов в той или иной мере пропускать свет. Различают: прозрачные минералы — пропускают свет подобно оконному стеклу (горный хрусталь); полупрозрачные (дымчатый кварц); просвечивающие — пропускают свет подобно матовому стеклу (халцедон); просвечивающие по тонкому краю (кремень); непрозрачные — не пропускают световых лучей даже в очень тонких пластинках (магнетит).

Плотность. При макроскопическом изучении минералов важно уметь простым взвешиванием на ладони отнести минерал к группе легких — с удельным весом до 2,5, к группе средних — до 4, к группе тяжелых — 4—6, к группе очень тяжелых — свыше 6. Плотность наиболее распространенных в земной коре минералов находится в пределах 2,5—3,5. Наибольшую плотность (23) имеет платинистый иридиев.

Для правильного наименования минерала необходимо определить весь указанный комплекс физических свойств, а также свойства, присущие преимущественно данному минералу. При полевых работах каждый исследователь также должен стремиться установить условия образования (генезис) минерала, так как это позволяет уточнить его наименование.

§ 4. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ

Знание условий образования минералов имеет громадное значение для прогноза поисков их и восстановления истории геологического развития района.

Различают следующие типы происхождения минералов: магматический, пегматитовый, пневматолитовый, гидротермальный, гипергенный, собственно метаморфический, метасоматический и др.

Магматический тип. Минералы образуются из магмы. Мagma представляет собой сложный силикатный высокотемпературный расплав, насыщенный газами. Она возникает в виде очагов в верхней мантии и земной коре в результате протекающих там физико-химических процессов. Мagma, вылившаяся на поверхность и потерявшая часть газов и паров, называется лавой. Мagma в недрах Земли остывает и при этом расщепляется (дифференцируется).

При медленном остывании из нее на ранних стадиях выделяются оливин, пироксены, плагиоклазы, позже — амфиболы, слюды, ортоклазы, кварц.

Пегматитовый тип. С остыванием последних порций магмы, обогащенной щелочами и окислами, насыщенной газами, связано так называемое пегматитовое образование ми-

нералов. Пегматитовая дифференциация магмы, согласно А. Е. Ферсману, начинается при температуре 700° и заканчивается при 500°. Пегматитовые жилы, состоящие из крупных кристаллов кварца и полевого шпата, с включением крупных кристаллов слюды иногда прорезают магматические тела во всех направлениях. Помимо указанных минералов в эту стадию дифференциации магмы образуются многие рудные, радиоактивные минералы, драгоценные камни и др.

Пневматолитовый и гидротермальный типы. При остывании магмы из нее выделяются перегретые пары, вода, сернистый, фтористый и хлористый водород и их соединения с металлами, а также летучие соединения бора, серы, углерода и другие компоненты, поднимающиеся по трещинам и разломам в земной коре. Из этих летучих соединений и образуются в трещинах, разбивающих толщи земной коры, минералы пневматолитового происхождения. При температуре 500—375° пневматолиз сопровождается гидротермальными процессами, с которыми связано образование золота, галенита, сфалерита, киновари, пирита, халькопирита, молибденита, кальцита и др. При температуре ниже 375° гидротермальный тип образования может проявляться самостоятельно. К пневматолитовому типу происхождения относится также образование минералов из летучих соединений, выделяющихся при вулканических извержениях (железный блеск, самородная сера и др.).

Гипергенные минералы образуются на поверхности земли или в самых верхних слоях земной коры, а также в морях, лагунах, озерах и болотах. Минералы этого типа возникают в результате течения ряда химических реакций, нередко при участии влаги и газов атмосферы, в результате деятельности подземных вод и вод морей, океанов, болот и озер, а также в результате деятельности организмов. Примерами минералов этой группы являются гипс, галит, фосфорит, кремень.

Метаморфический тип образования характерен для большой группы минералов. Возникновение их связано с воздействием больших давлений и температур на существующие минералы и горные породы, слагающие земную кору. Такие условия возникают, например, на контакте внедрившейся магмы и вмещающих ее пород. Метаморфическим путем образуются магнетит, серпентин, тальк и многие другие минералы.

Метасоматический тип. Значительная часть минералов образуется путем замещения одних минералов другими при изменении существующей геологической обстановки. Это так называемый процесс метасоматоза, который протекает в разных условиях, например на контакте магмы с известия-

ками или в поверхностных условиях (кальцит CaCO_3 может перейти в доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

В природе нередко один и тот же минерал может образоваться в различных условиях, при этом он приобретает различные типоморфные особенности, или ряд различных минералов формируется в одних и тех же условиях (в пагенезе).

§ 5. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

В данной книге будут описаны лишь те минералы, которые являются существенной составной частью пород и потому названные породообразующими (в тексте они отмечены звездочкой), и те минералы, которые имеют большое народнохозяйственное значение. Описываемые здесь минералы относятся к следующим химическим классам: 1) самородные элементы; 2) сульфиды (соединение металлов с серой); 3) соли галоидных кислот; 4) окислы и гидроокислы; 5) соли угольной кислоты — карбонаты; 6) соли фосфорных кислот — фосфаты; 7) соли серной кислоты — сульфаты; 8) соли азотной кислоты — нитраты; 9) соли кремниевых кислот (гипотетические) — силикаты и алюмосиликаты; 10) органические соединения.

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В этот класс входят минералы, состоящие из одного химического элемента. В самородном виде встречаются углерод, сера, золото, платина, серебро, медь, осмий, иридий, палладий, благородные газы, железо (метеорное), ртуть.

Графит С встречается в виде мелкочешуйчатых агрегатов, реже в виде мелких, таблитчатых шестиугольных кристаллов или плотных масс. Цвет темно-серый до черного. Черта темно-серая до черной, блестящая. Блеск металловидный, матовый. Спайность совершенная в одном направлении. Листочки толстые, легко ломающиеся. Твердость 1. Плотность 2,2. На ощупь жирный, пачкает руки, на бумаге оставляет черту (отсюда и название минерала от греч. *графо* — пишу). Образуется при воздействии магмы на карбонатные породы.

Сера S встречается в виде кристаллов ромбической сингонии (усеченные дипирамиды, сросшиеся основаниями), чаще образуется в виде натечных форм и землистых, порошковидных масс. Цвет желтый, бурый. Черта светло-желтая. Блеск на изломе жирный, на гранях алмазный. Спайность несовершенная. Излом раковистый, землистый. Твердость

К этому классу относится свыше 200 минералов, но по распространенности они занимают одно из последних мест и не являются породообразующими. Вместе с тем многие из этих минералов имеют большое практическое значение как важнейшие руды на свинец (галенит), цинк (сфалерит), молибден (молибденит), ртуть (киноварь), медь (халькопирит) и т. п. Происхождение сульфидов главным образом гидротермальное, реже связано с застыванием магмы и холодными растворами (при участии бактерий).

Пирит (железный, или серный, колчедан) FeS_2 . Кристаллы его имеют форму куба; на их гранях заметна параллельная штриховка. Цвет золотисто-желтый. Черта зеленовато-черная. Блеск металлический. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный или раковистый. Непрозрачен. Плотность 5.

Галенит (свинцовый блеск) PbS встречается в виде зернистых, реже в виде плотных масс. Кристаллы имеют форму куба, октаэдра (кубическая сингония). Цвет свинцово-серый. Черта серовато-черная, блестящая. Непрозрачен. Блеск металлический. Спайность совершенная по кубу. Твердость 2,5. Плотность 7,5.

КЛАСС ГАЛОИДНЫХ (ГАЛОГЕННЫХ) СОЕДИНЕНИЙ

К этому классу относится около 100 минералов, представляющих собой соли галоидоводородных кислот: HCl , HBr , HF , Hl . Наибольшее распространение из них имеют соединения хлористой кислоты. Они принимают существенное участие в засолении почв, так как всегда присутствуют в подземных водах. Галит, сильвин, карналит образуют мощные толщи мономинеральных пород осадочного происхождения.

Галит (каменная соль) $NaCl$ встречается в виде кристаллических агрегатов и редко в виде отдельных кристаллов кубической формы (кубическая сингония). Галит — бесцветный или белый, встречаются окрашенные разности — красный, желтый, голубоватый, серый. Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная в трех направлениях, параллельно граням куба. Твердость 2. Прозрач-

ный или просвечивает. Плотность 2,15. Очень хрупок. Легко растворим в воде. Имеет соленый вкус.

Сильвин KCl образуется часто в парагенезе с галитом. Физические свойства те же, что и у галита. Отличительным признаком является горько-соленый вкус и более быстрая растворимость (это используют при разделении их). Применяется сильвин (а также карналит — $KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$) как сырье для калийных удобрений.

КЛАСС ОКИСЛОВ И ГИДРООКИСЛОВ

К этому классу относятся минералы, представляющие собой соединения различных элементов с кислородом или гидроксильной группой. По количеству входящих в класс минералов он стоит на одном из первых мест, на долю минералов этого класса падает около 17% от веса земной коры. Они являются важными породообразующими минералами. Минералы разделяются на окислы и гидроокислы кремния и окислы и гидроокислы металлов (железа, марганца, алюминия).

Многие минералы этого класса образуются за счет окисления других минералов, возникших на больших глубинах и попавших по той или иной причине в зону окисления земной коры, где они оказались неустойчивыми. Окислы и гидроокислы образуются также и при магматических, пегматитовых и гидротермальных процессах. Минералы групп окислов широко распространены во всех почвах.

Кварц SiO_2 . (Часто относится к силикатам, так как его структурная решетка такая же, как и у всех силикатов.) Встречается он в виде зернистых агрегатов, в виде зерен неправильной формы (в породах) и реже образует хорошие кристаллы и их сростки (гексагональная сингония). Кристаллы имеют форму шестигранной призмы, оканчивающейся шестигранными пирамидами. Границы призмы часто покрыты тонкой поперечной штриховкой. Кристаллы кварца иногда достигают длины в несколько десятков сантиметров. Цвет его разнообразен. Бесцветная прозрачная разновидность кварца называется горным хрусталем, сероватая — дымчатым кварцем, фиолетовая — аметистом, черная — морионом; широко распространен молочно-белый кварц (зернистый агрегат). Черты не дает. Блеск на гранях кристалла стеклянный, на изломе жирный. Спайность весьма несовершенная. Излом раковистый или неровный. Твердость 7. Плотность 2,6. Кварц выделяется из горячих растворов, а также образуется при магматических и метаморфических процессах.

Халцедон SiO_2 — скрытокристаллическая разновидность кремнезема, встречающаяся в виде плотных масс —

конкремций или натечных почковидных форм. Халцедон, загрязненный глинистыми частицами, называется кремнием. Цвет халцедона различный — серый, зеленоватый, голубоватый (сапфирин), оранжевый (сердолик). Кремень — чаще желтовато-коричневый, коричневый, черный, серый, коричнево-красный; полосчатая, ярко окрашенная разновидность халцедона называется агатом. Блеск слабожирный, матовый. Просвечивает по краю. Излом раковистый. Твердость 6,5. Плотность 2,5. Образуется путем выпадения из горячих и холодных растворов.

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — аморфный минерал. Содержание воды в нем меняется от 1 до 5%, реже до 34%. Встречается обычно в виде плотных натечных масс. Цвет желтоватый, оранжевый, красноватый, черный. Молочно-белый опал с красивой голубоватой игрой цветов (опалесценцией) называется благородным опалом. Просвечивает (иногда только по краю). Блеск слабожирный. Излом раковистый, неровный. Твердость 5—5,5. Плотность 1,9—2,3. При нагревании в пробирке опал выделяет воду. Образуется главным образом в зоне выветривания земной коры в результате распада других минералов, содержащих кремнезем, и путем осаждения из растворов, выделяется из вод горячих источников и гейзеров, а также возникает в результате жизнедеятельности кремнистых водорослей.

Гематит (железный блеск) Fe_2O_3 встречается обычно в виде мелкокристаллических, чешуйчатых или листоватых скоплений (железной слюдки), в виде желваков радиально-лучистого или скорлуповатого строения и скрытокристаллических землистых масс (красный железняк), реже в виде кристаллов ромбоэдрического строения. Цвет от железно-черного у кристаллических разностей до темно-красного и красного у плотных скрытокристаллических. Цвет черты вишнево-красный. Блеск металлический, матовый. Спайность несовершенная. Излом раковистый. Непрозначен. Твердость 5,5—6 (у землистых масс — 1). Плотность 5,2. Образуется при гидротермальных, метаморфических процессах, дегидратации гидроокислов железа. Гематит содержит до 65% железа.

Магнетит (магнитный железняк) $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ встречается в виде зернистых масс, реже в виде правильных восьмигранников или друз. Кубическая сингония. Цвет железно-черный. Черта черная. Блеск металлический. Твердость 5,5—6,0. Плотность 5,2. Магнетит притягивает иглу, изменяет положение магнитной стрелки компаса. Образуется при застывании магмы основного состава и при процессах метаморфизма. Магнетит содержит до 72% железа.

Лимонит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — агрегат близких по составу минералов (гетит, гидрогетит и др.). Он встречается в виде



лешек, горошин (бобовая руда), а также в виде землистых разностей и натечных масс. Цвет ржаво-бурый, темно-коричневый, светло-желтый и красно-бурый. Цвет минерала обусловлен часто изменяющимся количеством воды в минерале. Чета желто-бурая. Твердость 1—5. Плотность 3,3—4. Лимонит образуется за счет выветривания железосодержащих минералов и пород в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а также при выпадении в виде осадков в поверхностных водоемах.

КЛАСС КАРБОНАТОВ

Минералы этого класса представляют собой соли угольной кислоты. Для карбонатов характерна способность вступать в реакцию с соляной кислотой



Карбонаты (их 80 минералов) составляют до 1,7% массы земной коры. Минералы этой группы накапливаются в большом количестве в почвах.

Кальцит (известковый шпат) CaCO_3 — наиболее распространенный минерал класса карбонатов. Встречается в виде друз или отдельных кристаллов, разнообразного облика. Кальцит бесцветный, белый, желтый, серый, розовый, голубоватый (бесцветная прозрачная разновидность кальциита, обладающая двойным лучепреломлением, называется исландским шпатом). Чета белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Прозрачный или просвечивающий. Спайность совершенная в трех направлениях параллельно граням ромбоэдра. Твердость 3. Плотность 2,6—2,8. Бурно реагирует с соляной кислотой в куске.

Доломит $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ — весьма распространенный минерал. Встречается в виде кристаллически-зернистых агрегатов, реже в кристаллах ромбоэдрического облика. Тригональная сингония. Доломит бесцветен; за счет примесей бывает серым, желтым, красным и черным. Цвет черты белый. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по ромбоэдру. Твердость 3,5—4. Плотность 1,8—2,9. С соляной кислотой реагирует в порошке. Образуется доломит гипергенным путем, чаще в процессе метасоматоза известняков и гидротермальным путем.

Сидерит (железный шпат) FeCO_3 встречается в виде кристаллических масс или разнообразных натечных, лучисто-шаровых и прочих форм скрытокристаллического строения, реже в виде пластинчатых и ромбоэдрических кристаллов тригональной сингонии. Цвет буровато-желтый, серовато-бурый и коричневато-бурый. Чета буроватая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по ромбоэдру. Твер-

дость 3,5—4,5. Плотность 3,7—3,9. Реагирует с соляной кислотой в нагретом виде. Образуется при гидротермальных и метаморфических процессах, при метасоматозе. В зоне окисления сидериты переходят в лимониты. Сидерит — руда на железо.

КЛАСС ФОСФАТОВ

Из многочисленных представителей фосфатов и родственных им минералов (арсенатов, ванадатов) важное значение как породообразующие минералы и как сырье для получения удобрений имеют апатиты. Для минералов этого класса характерно сравнительно слабое распространение — они составляют не более 0,1% массы земной коры.

Апатит $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$ обычно встречается в виде мелкозернистых масс, реже в виде отдельных кристаллов, имеющих форму шестиугранных призм с дипирамидами на концах призм. Размеры кристаллов от микроскопических до огромных (массой 50 кг). Цвет белый, черный, бледно-зеленый, зеленовато-голубой. У кристаллов наблюдается иногда желтоватый, синевато-голубоватый и коричневатый цвета. Черта светлая. Блеск на гранях стеклянный, на изломе жирный. Спайность несовершенная. Излом неровный. Твердость 5. Плотность 3,2. Образуется апатит чаще метаморфическим путем на контактах с внедрившимися щелочными магмами.

КЛАСС СУЛЬФАТОВ

Распространенность минералов этого класса, несмотря на многочисленность (свыше 250 минералов), небольшая — на их долю падает 0,1% всей массы земной коры. Образуются они в основном в результате осаждения солей серной кислоты в лагунах и озерах и при окислении сульфидов.

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ встречается в виде хорошо выраженных призматических и тонкотаблитчатых кристаллов, двойников срастания («ласточкин хвост»), чаще в виде листоватых и столбчатых агрегатов. Гипс столбчатого строения носит название селенита, а мелкозернистые разности — алебастра. Гипс бесцветен, в агрегатном состоянии — белый. Примесями окрашивается в желтые, сероватые, голубоватые, розовые тона. Блеск стеклянный (у селенита шелковистый). Весьма совершенная спайность в одном направлении. Листочки (столбики) тонкие, хрупкие. Твердость 2, легко чертится ногтем. Плотность 2,3. Гипс образуется осадочным и гидротермальным путем, в природной обстановке он может при обезвоживании перейти в ангидрит.

рит или восстановиться до серы. Гипс используется в сельском хозяйстве для понижения кислотности почв.

Ангидрит CaSO_4 встречается в виде плотных мелко-зернистых масс, реже в виде толстостолбчатых кристаллов. Цвет белый, иногда слабо окрашен в сероватые и голубоватые тона. Блеск стеклянный. Прозрачен, чаще просвечивает. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под углом 90° . Твердость 3—3,5. Плотность 3. Ангидрит отлагается при испарении морской воды (в лиманах, заливах) при температуре выше 42° (при более низкой температуре, как правило, отлагается гипс). Может образовываться и при обезвоживании (дегидратации) гипса. При нормальном давлении в присутствии воды ангидрит переходит в гипс, увеличивает свой объем на 30%.

КЛАСС НИТРАТОВ (СОЛИ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ)

Самыми распространенными минералами этого класса являются калийная селитра KNO_3 и чилийская селитра NaNO_3 . Калийная и чилийская селитры встречаются в виде кристаллов, зернистых агрегатов и плотных масс, выцветов в толще почв, корочек на горных породах. Калийная селитра чаще бесцветна или слабо окрашена, обладает белой чертой и твердостью 2. Чилийская селитра имеет белый, желтый, красно-бурый цвет, белую черту, твердость около 2, стеклянный блеск, отличается от калийной селитры соленым вкусом, холодящим язык. Образуются обе селитры в процессе выветривания пород и осаждения из водных растворов — накапливаются в значительных количествах в засоленных почвах, грунтовых водах и осадочных породах морского происхождения. Используются в качестве азотных удобрений.

КЛАСС СИЛИКАТОВ И АЛЮМОСИЛИКАТОВ

К этому классу относится около 1/3 всех известных ныне минералов. На долю силикатов падает более 75% от веса земной коры. Они входят в состав магматических, осадочных и метаморфических горных пород. Для структурной решетки минералов этого класса характерно наличие ионной четырехвалентной группировки SiO_4 (рис. 6), построенной в виде тетраэдра. Каждый кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями $[\text{SiO}_4]^{4-}$, благодаря чему SiO_4 соединяется с Fe, Ca, Mg, Na, K и другими элементами, а также с другими кремнекислородными тетраэдрами. Кремнекислородные тетраэдры объединяются между собой через вершины, т. е. два иона

кремния соединяются между собой только одним ионом кислорода. Силикаты, в которых часть ионов кремния замещена ионами алюминия, называются алюмосиликатами. Структурной группой в алюмосиликатах является радикал $[Si_4O_{10}]^{4-}$.

В зависимости от того, как в структурной решетке сочетаются между собой кремнекислородные тетраэдры, силикаты разделяются на следующие группы: а) островные, б) цепные, в) ленточные, г) листовые, д) каркасные.

Внутренняя структура силикатов отражается на облике кристаллов (габитусе) и их физических свойствах.

Островные силикаты. В группу островных входят силикаты, решетка которых состоит из изолированных кремнекислородных тетраэдров (рис. 6 и 7, а). В островных силикатах у каждого иона кислорода 4 свободные связи. Благодаря плотной упаковке ионов островные силикаты обладают большой твердостью.

Оливин (перидот) $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ встречается в виде округлозернистых агрегатов, реже в виде короткостолбчатых кристаллов с пирамидальными окончаниями. Оливин бесцветный, черный, желтовато-зеленый, оливковый и бутылочно-зеленый. Блеск на плоскости спайности стеклянный, на изломе — жирный. Спайность несовершенная. Излом неровный. Твердость 6,5—7. Плотность 3,4. Образуется оливин при застывании магмы, бедных кремнеземом и глиноzemом.

Цепные силикаты. В них тетраэдры соединены в виде одинарных цепочек (рис. 7, б). К цепным силикатам относится группа пироксенов. Из минералов этой группы наиболее распространен авгит.

Аугит $Ca(Mg, Fe, Al)[Si_2Al_2O_6]$ встречается в виде зернистых агрегатов, реже в виде кристаллов, имеющих форму коротких бочонкообразных восьмигранных столбиков. Цвет зеленовато-черный, черный. Чешуя зеленая. Блеск стеклянный. Спайность средняя или совершенная в двух направлениях под углом 87° . Твердость 6. Плотность 3,5. Происхождение магматическое.

Ленточные силикаты. Эта группа минералов представляет собой силикаты с непрерывно обособленными лентами (сдвоенные цепочки) из тетраэдров. Радикал их $[Si_4O_{11}]^{6-}$. Такую структуру имеют, например, амфиболы (рис. 7, в). Типичный минерал этой группы — роговая обманка. Хими-

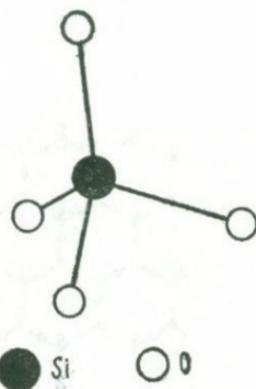
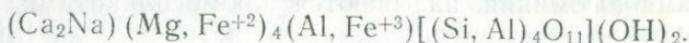


Рис. 6. Схема кремнекислородного тетраэдра

ческий состав ее разнообразен и непостоянен и приближенно может быть выражен формулой



Встречается в виде волокнистых столбчатых кристаллов шестиугольного сечения. Цвет светло-зеленый, темно-зеленый, черный. Четыре зеленовато-буроватая. Блеск стеклянный, по плоскостям спайности — шелковистый. Спайность совершенная в двух направлениях под углом 124 и 56°, в

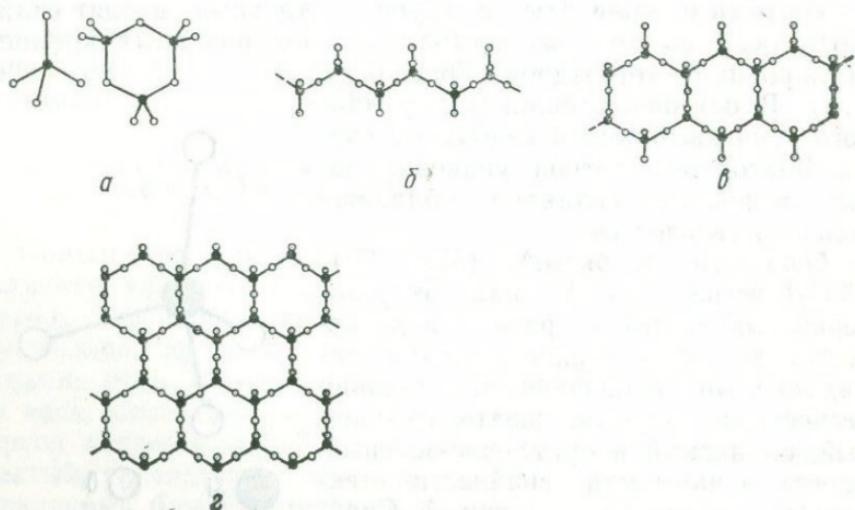


Рис. 7. Схема типов соединений кремнекислородных тетраэдров:
а — изолированный тетраэдр; б — цепочка; в — лента тетраэдров;
г — слой тетраэдров

третьем направлении — занозистый излом. Твердость 5,5—6,0. Плотность 3,1—3,3. Происхождение магматическое.

Листовые силикаты — силикаты с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров. Радикал такой структуры $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$. К листовым силикатам относятся слюды, тальк, хлориты, серпентин, а также глинистые минералы — каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, из которых наиболее важен глауконит. Кремнекислородные слои в решетке связаны между собой посредством катионов (рис. 7, г). По направлениям расположения катионов происходит наиболее легкое расслоение на тончайшие листы с образованием ровных плоскостей спайности, что обусловливает минералам подгруппы весьма совершенную спайность в одном направлении. Особенно тонкие листы образуются при расщеплении слюд. Среди слюд наиболее распространены мусковит и биотит.

Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](F, OH)_2$ встречается в виде чешуйчатых, листоватых агрегатов, реже в виде кристаллов. Мусковит бесцветный, слабо-желтоватый. Черта белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Прозрачен. Спайность весьма совершенная в одном направлении, листочки упругие. Твердость 2—3. Плотность 2,7.

Мусковит образуется при магматических и метаморфических процессах, крупные кристаллы встречаются в пегматитовых жилах.

Биотит $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$. Цвет бурый, черный. Черта зеленая. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Проявляет светящую способность. Твердость 2—3. Плотность 3,1—3,3. При выветривании черная слюда приобретает бронзовый оттенок. Образуется при магматических и метаморфических процессах.

Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ встречается в виде плотных масс, листовых или чешуйчатых агрегатов, кристаллы редки. Цвет белый, светло-зеленый, голубовато-зеленый, серый. Черта белая. Блеск перламутровый. На ощупь жирный. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Листочки гибкие. Твердость 1. Плотность 2,8. Образуется тальк при метаморфизации доломита и при воздействии гидротермальных растворов на богатые магнием оливиновые и пироксеновые породы.

Глауконит $K(Fe, Al, Mg)_3(OH)_2 \cdot AlSi_3O_{10} \cdot n H_2O$ (воды от 5 до 13%) — дана примерная формула. Глауконит встречается в виде мелких (до 1 мм в диаметре) округлых и неправильной формы зерен в морских осадочных породах. Цвет зеленый. Черта зеленая. Блеск жирный, матовый. Излом неровный. Твердость 2—3. Плотность 2,2—2,8. Образуется в морских бассейнах (до глубины 150 м) при участии микроорганизмов. Применяется для смягчения воды, в качестве удобрения и т. д.

Хлориты. Под названием «хлориты» (водные алюмосиликаты Mg и Fe) объединяются несколько малоотличимых друг от друга минералов близкого состава и представляющих собой изоморфный ряд соединений состава его крайних членов $(Fe, Mg)_5 \cdot Al(OH)_8[AlSi_3O_{10}]$. В них Mg^{+2} и Al^{+3} могут замещаться Fe^{+2} и Fe^{+3} . Хлориты встречаются в виде плотных или чешуйчатых агрегатов темно-зеленого цвета (греч. хлорос — зеленый). Черта светло-зеленая. Блеск перламутровый, стеклянный. Спайность весьма совершенная в одном направлении; листочки гибкие, но не упругие. Твердость 2—2,5. Плотность 2,6—2,8. Образование хлоритов связано главным образом с процессами метаморфизма пород, богатых магнезиально-железистыми силикатами (основных и ультраосновных пород).

Серпентин (змеевик) $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ встречается в виде плотных, землистых масс, в виде таблитчатых кристаллов. Цвет от светло-зеленого до темно-зеленого, причем окраска чаще располагается полосами и пятнами, откуда и произошло название (лат. серпентария — змеевидный). Блеск слабостеклянный, жирный. Спайность в одном направлении наблюдается у антигорита и у хризотил-асбеста — волокнистой разновидности змеевика (горный лен). В сплошных массах излом раковистый. Твердость 2,5—4. Плотность 2,5—2,7. Цвет у хризотил-асбеста беловато-голубоватый, светло-зеленый, зеленовато-желтый. Блеск шелковистый. Твердость 2—3. Легко расщепляется на тончайшие эластичные волокна. Образуется серпентин в результате действия гидротермальных растворов на оливинсодержащие горные породы.

Каолинит $Al(OH)_8[Si_4O_{10}]$ встречается в виде плотных порошковидных и землистых масс. Кристаллы очень мелки и могут изучаться только микроскопическим путем. Бесцветный (кристаллы), белый, слабо-желтоватый. Черта белая. Блеск матовый. Излом землистый. Твердость 1. Плотность 2,6. На ощупь жирный, в сухом состоянии легко поглощает влагу (прилипает к языку), намокая, становится пластичным. Образуется при выветривании алюмосиликатов и главным образом полевых шпатов, слюд и содержащих их пород. Каолинит и другие глинистые минералы (главнейшие из них помимо каолинита — монтмориллонит и иллит) имеют большое значение в почвообразовании, так как они обусловливают поглотительную способность минеральной части почв, влияют на ее физические и физико-химические свойства, участвуют в закреплении гумуса.

Монтмориллонит и иллит встречаются в виде отдельных кристаллов коллоидных размеров, изучение которых возможно лишь с помощью микроскопа.

Каркасные силикаты. Минералы этой группы характеризуются непрерывным сцеплением кремнекислородных тетраэдров через все четыре вершины, в результате чего образуется трехмерный каркас из тетраэдров $(SiAl)_O_4$.

Разнообразие каркасных силикатов обусловлено тем, что во внутренней решетке этих минералов помимо кремнекислородных тетраэдров присутствуют и алюмокислородные, в которых место ионов кремния занимают ионы алюминия. Замена четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием вызывает появление одной свободной связи, благодаря чему в состав их могут войти катионы натрия или калия. Каркасная структура характерна для полевых шпатов и фельдшпатоидов. На их долю приходится свыше 55% массы всех минералов литосферы.

По химическому составу полевые шпаты делятся на две

подгруппы: калиево-натриевые и натриево-кальциевые (пла-
гиоклазы).

Калиево-натриевые полевые шпаты. Из калиево-натриевых шпатов наибольшее распространение имеет ортоклаз, раскалывающийся по двум плоскостям под прямым углом (греч. ортоклаз — прямоколющийся).

Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$ (в некоторых разновидностях ионы калия замещены ионами натрия). Встречается в виде зернистых масс и кристаллов таблитчатой формы. Размер кристаллов от микроскопических до крупных (в несколько метров). Цвет белый, розовый, мясо-красный, светло-серый. Блеск стеклянный. Спайность в двух направлениях под углом 90° (в одном — совершенная, в другом — средняя, в третьем — неровный излом). Твердость 6. Плотность 2,6. Происхождение магматическое (составная часть пород среднего и кислого состава) и гидротермальное. У ортоклаза много разновидностей, в том числе санидин — бесцветная разновидность ортоклаза (встречающаяся в эфузивных породах — в липарите, трахите), и микроклин — от ортоклаза отличается строением структурной решетки (греч. микроклин — незначительно отклоненный), угол между плоскостями спайности у него на $20'$ меньше прямого. Макроскопически микроклин обычно не отличается от ортоклаза и может быть выделен только в том случае, если окрашен в ярко-зеленый, голубоватый или голубовато-зеленый цвет (амазонит).

Плагиоклазы объединяют большую группу минералов, представляющих собой непрерывный ряд изоморфных смесей двух составных частей — альбитовой $Na[AlSi_3O_8]$ и анортитовой $Ca[Al_2Si_2O_8]$ — в различных соотношениях. В этом ряду за альбитом следуют такие наиболее распространенные для этой группы минералы, как олигоклаз, андезин, лабрадор и битовнит, причем от олигоклаза к битовниту процентное содержание анортитовой составляющей повышается, а альбитовой — уменьшается, а содержание кремнекислоты от альбита, где ее 68,81%, к анортиту постепенно падает до 43,28%. Альбит и олигоклаз относятся к кислым плагиоклазам, андезин — к средним, лабрадор, битовнит, анортит — к основным. Кислые плагиоклазы распространены наиболее широко. Плагиоклазы чаще встречаются в виде зернистых агрегатов, кристаллы их сравнительно редки. Для них характерны полисинтетические двойники, которые можно иногда заметить невооруженным глазом на поверхности плоскостей спайности минералов в виде тонкой параллельной штриховки (следы срастания кристаллов), как бы нарезанной рейсфедером.

По свойствам плагиоклазы мало отличаются от калиево-натриевых полевых шпатов и тем более друг от друга. От-

личить макроскопически плагиоклаз от ортоклаза можно в некоторых случаях: 1) по цвету, для первых наиболее характерны светло-серые и зеленовато-серые цвета (для альбита и олигоклаза — белый), для ортоклазов — белые, желтые, мясо-красные и розовые; 2) по взаимному расположению плоскостей спайности, у плагиоклазов они располагаются под углом $86^{\circ}50'$ (греч. плагиоклаз — кососкальвающийся); 3) по наличию у плагиоклазов двойниковой штриховки (след полисинтетических двойников); 4) по изменению цвета при поворачивании (иризация). Иногда макроскопически невозможно отличить ортоклаз от плагиоклазов и приходится ограничиваться наименованием минерала как полевого шпата. Макроскопически из плагиоклазов сравнительно просто определяется лабрадор. Цвет его от темно-серого до черно-серого с синеватыми и зеленоватыми переливами. Чешуя белая. Лабрадор образует таблитчатые кристаллы и зернистые агрегаты. Твердость 6. Плотность 2,7.

Фельдшпатиды состоят из тех же химических элементов, что и полевые шпаты, но отличаются от них меньшим содержанием кремнекислоты.

Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ образует шестиугольные толстостолбчатые призматические кристаллы, чаще же встречаются в виде плотных кристаллических масс. Цвет серый, зеленовато-серый, красновато-серый до коричнево-красного. Чешуя не дает. Блеск на изломе жирный (жирный блеск минерала был взят в основу его первоначального наименования: элиолит — с греч. — жирный камень). Спайность несовершенная. Излом неровный. Твердость 6. Плотность 2,6. Образуется из щелочных магм, бедных кремнеземом, но богатых натрием. Мелкие его кристаллы образуются при вулканических извержениях.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Они представляют собой сложные соединения углерода, азота, кислорода, водорода, серы. Большее число органических соединений твердые (торф, бурый и каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, янтарь, асфальт, озокерит), часть из них газообразные (разнообразные природные горючие газы) и только нефть жидккая. По своему происхождению они связаны с накоплением на поверхности земли растительных и животных остатков и с последующим их изменением, чаще всего в условиях недостатка кислорода. Эти соединения нами выделены в особую группу осадочных пород — каустобиолитов, в связи с чем описание их будет дано в главе «Горные породы».

Глава 2

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы представляют собой природный агрегат одного или нескольких минералов или скопление обломков последних. Породы, состоящие из одного минерала, называются мономинеральными (кварцит — из кварца). К полиминеральным породам относятся те, которые состоят из нескольких минералов (гранит — из кварца, калиевого полевого шпата и слюды). Минералы, входящие в состав и определяющие свойства горных пород, называются породообразующими. Помимо породообразующих в породах присутствуют второстепенные минералы (акцессорные), причем каждой группе пород свойственные свои акцессорные минералы, встречающиеся в породах в виде отдельных включений или гнезд. Каждая горная порода образуется в строго определенных физико-химических условиях.

Для точного наименования породы изучают ее структуру и текстуру. Под структурой понимают строение породы, т. е. степень кристалличности, формы и размеры зерен породообразующих минералов или минеральных обломков, входящих в породу. Под текстурой понимают сложение породы, т. е. взаимное расположение зерен тех же минералов или обломков их. Структура и текстура горной породы обусловливаются физико-химическими условиями ее образования.

По условиям образования (генезису) горные породы, слагающие литосферу, условно делятся на три класса:

1. Магматические, или изверженные, породы, образующиеся в процессе застывания природных силикатных расплавов — магмы, лавы.

2. Осадочные породы, образующиеся на поверхности земли при разрушении любых, ранее существовавших пород и минералов и последующем механическом или химическом отложении продуктов этого разрушения, а также в результате жизнедеятельности или отмирания организмов.

3. Метаморфические породы, образующиеся в земной коре из магматических или осадочных пород при воздействии на них высоких температур и давлений.

§ 1. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

В зависимости от условий, в которых происходит застывание магмы, магматические породы делятся на две группы:
а) глубинные, или интрузивные, образовавшиеся при застывании магмы, внедрившейся в земную кору; б) излившиеся, или эфузивные, связанные с застыванием лавы, т. е. си-

ликатного расплава, излившегося на поверхность земли при вулканическом извержении и потерявшего при этом часть своих летучих компонентов. Интрузивные породы в свою очередь делятся на собственно глубинные (абиссальные), застывшие на больших (3—5 км и более) глубинах, и полу-глубинные (гипабиссальные), образовавшиеся при застывании магмы вблизи поверхности. Породы одной группы отличаются от пород другой по структуре и часто по текстуре.

Абиссальным породам свойственна полнокристаллическая структура и плотная текстура, которые обусловливаются рядом причин: 1) в глубоких слоях земной коры застывание магмы происходит медленно (в течение многих миллионов лет) из-за плохой теплопроводности вмещающих магму пород; 2) в магме сохраняются газы и пары (минерализаторы), способствующие лучшему росту кристаллов, 3) большие давления вышележащих пород приводят к созданию плотных текстур.

В результате на больших глубинах образуются породы, состоящие полностью из зерен входящих в нее минералов, плотно прилегающих друг к другу. В зависимости от величины зерен выделяются крупнозернистые (более 5 мм), среднезернистые (от 2 до 5 мм), мелкозернистые (от 0,5 до 2 мм) и скрытокристаллические породы (менее 0,5 мм).

Гипабиссальным породам свойственна порфировидная структура, представляющая собой вкрапления зерен одного минерала в общую мелкозернистую массу, и реже порфировая — зерна вкраплены в скрытозернистую массу. Порфировая структура образуется следующим образом: из магмы при ее подъеме к поверхности земли выкристаллизовываются отдельные минералы; оставшаяся масса, внедряясь в поверхностные, более холодные слои земной коры, застывает, не успев раскристаллизоваться. Гипабиссальным породам свойственна также мелкозернистая структура.

Для эфузивных пород характерны стекловатая (масса не раскристаллизована, аморфна), афанитовая (скрытокристаллическая, кристаллы различаются только с помощью микроскопа) и порфировая структуры. Последние две структуры возникают в случае, если расплав поднимался с больших глубин и медленно двигался к земной поверхности, первая структура характерна для расплавов, поднимавшихся с малых глубин или поднимавшихся быстро. Со временем структура эфузивных пород меняется, так как стекловатые и скрытокристаллические массы раскристаллизовываются: породы, имеющие вторичные структуры, резко отличаются от пород свежих (кайнотипных). Учитывая, что вторичные структуры чаще характерны для древних пород, последние по аналогии называют палеотипными.

Основными типами текстуры магматических пород являются массивная (компактная, плотная), характерная для интрузивных пород, и пористая, присущая только излившимся породам и обусловленная выделением газов из застывающей лавы. Нередко эфузивным породам свойственна флюидальная (со следами течения) текстура (длинная ось минеральных зерен породы ориентирована по направлению потока).

По структуре и текстуре, следовательно, можно определить условия образования горной породы.

Магматические горные породы можно классифицировать и по химическому (минералогическому) составу. При этом надо иметь в виду, что для химической характеристики породы наиболее показательно содержание в ней окиси кремния SiO_2 как в свободном виде (в виде кварца), так и в составе других силикатов, входящих в породу.

В зависимости от процентного содержания кремнекислоты SiO_2 магматические породы делятся на следующие группы: кислые (65—75%), средние (52—65%), основные (40—52%) и ультраосновные (менее 40%).

В кислых горных породах количество кремнекислоты настолько значительно, что ее избыток представлен зернами кварца. В средних породах количество кремнезема в минералах равно количеству оснований, поэтому зерна кварца в этих породах встречаются редко. В указанных двух группах преобладают светлые силикаты, а из темных чаще всего в них входит слюда, реже роговая обманка и еще реже авгит. В основных породах кремнекислоты меньше, чем оснований, поэтому эти породы состоят из минералов, относительно бедных окисью кремния (роговой обманки, лабрадора, авгита). В ультраосновных породах кремнекислоты очень мало, в них входят минералы, содержащие кремнекислоту в очень небольшом количестве (оливин и пироксены).

Соотношение светлых и темных силикатов в породе обуславливает ее окраску. Окраска — важный диагностический признак для определения кислотности магматической породы. В кислых породах преобладают светлые силикаты, поэтому эти породы светлые; в основных и ультраосновных — темные силикаты, поэтому и породы темно-зеленые или даже черные. Средние по кислотности породы имеют серые тона.

При отнесении магматических пород к той или иной группе по химическому составу существенное значение имеет умение приблизительно (путем взвешивания на руке) определить их плотность, увеличивающуюся от кислых (2,5—2,7) к ультраосновным (3,2—3,3). Химический состав магматических пород иногда характеризуется отношением

суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) к Al_2O_3 . Если это отношение больше единицы, магматические породы называют щелочными, если меньше единицы — нормальными или щелочноzemельными (значительно преобладают в составе магматических пород).

Академик А. П. Павлов, взявший в основу классификацию магматических пород по генезису и химическому составу, составил таблицу главнейших магматических пород, облегчающую их макроскопическое определение, которую мы приводим со значительными изменениями и уточнениями (табл. 1).

Порядок определения магматических пород с помощью этой таблицы следующий.

1. Определяется кислотность породы — наличие в породе зерен кварца (2-я графа) позволяет отнести ее к кислым, оливина — к ультраосновным породам. В породах среднего и основного состава соответственно кварц и оливин могут или присутствовать в незначительных количествах, или отсутствовать совсем. В последнем случае приходится различать горные породы по цвету.

2. В 3-й графе таблицы показаны темноцветные силикаты, наиболее характерные для группы пород определенной кислотности. Они расположены сверху вниз в порядке их распространенности в данной группе пород. Так, в кислых породах наибольшим распространением пользуется биотит, реже встречается роговая обманка и еще реже авгит.

3. Определяются структура (графа 4) и текстура (графа 5) породы, а следовательно, и ее генезис. Если структура зернистая, а текстура плотная, то порода абиссальная (написана полужирным шрифтом). Если текстура пористая, а структура скрытокристаллическая, то порода эфузивная неотипная (написана нормальным шрифтом).

4. Если в породе есть светлый минерал, значит ее можно отнести к одной из трех граф таблицы (7, 8 или 9): в 7-ю графу входят породы, в которых ортоклаз преобладает над плагиоклазом; в 8-ю — плагиоклаз (в кислые породы входят кислые плагиоклазы, в средние — средние, в основные — основные); в 9-ю графу — нефелин и полевые шпаты. Породы, не содержащие светлых минералов, помещены в 10-й график таблицы. Определив степень кислотности породы и наличие в ней светлого минерала, находим, какому квадрату таблицы она принадлежит. Например, определив породу кислую с ортоклазом, видим, что она относится к квадрату, в котором стоят три названия пород — липарит, липаритовый (или кварцевый) порфир и гранит. Все они образовались из одного и того же по составу первоначального силикатного расплава. Различие их определилось условиями его застывания.

Таблица 1

Схема классификации наиболее распространенных магматических горных пород

Химический класс	Минералы — показатели степени кислотности	Темноцветные минералы	Структура	Текстура	Фация	Породы со светлыми силикатами			Породы без светлых силикатов
						ортоклаз-пла- гиоклазовые с преоблада- нием орто- клазов	плахиоклазо- вые (в кислых имеется орто- клас)	полевошпат- фельдшпато- идные	
Кислые	кварц	слюда, роговая обманка, авгит	афанитовая порфировая полнокристаллическая	пористая плотная »	поверхностная глубинная	липарит <i>липаритовый порфир гранит</i>	дацит <i>дацитовый порфирит гранодиорит</i>	—	—
Средние	—	роговая обманка, слюда, авгит	афанитовая порфирировая полнокристаллическая	пористая плотная »	поверхностная глубинная	трахит <i>трахитовый порфир сиенит</i>	андезит <i>андезитовый порфирит диорит</i>	фонолит <i>фонолитовый порфирит нефелиновый сиенит</i>	—
Основные	—	авгит, роговая обманка	афанитовая порфировая полнокристаллическая	пористая плотная »	поверхностная » глубинная	— — —	базальт <i>диабаз габбро</i>	— — —	—
Ультраосновные	оливин	авгит	полнокристаллическая	плотная	глубинная	—	—	—	пироксенит, перidotит, дунит

Примечание. Породы, написанные обычным шрифтом, — эффузивные неотипные, курсивом — эффузивные палеотипные, полужирным шрифтом — абиссальные породы.

Если порода эфузивная, то очень важно отделить породы кайнотипные, т. е. имеющие свежий, мало измененный облик (в таблице обозначены обычным шрифтом), и породы палеотипные, т. е. сильно измененные (курсивом), так как от степени изменения излившихся пород зависят текстура и частично минералогический состав их. Название палеотипной породы включает название исходной кайнотипной породы с прибавлением слова «порфир», если в породе преобладает ортоклаз, или «порфирит», если — плагиоклазы.

В приведенном примере неотипной породой является липарит, палеотипной — липаритовый (или кварцевый) порфир. Текстура мало измененных излившихся пород пористая, сильно измененных — плотная; кристаллические вкрапленники в измененных породах обычно сильно разрушены. Вкрапленники полевых шпатов в липаритовом порфире переходят при этом частично в каолинит (каолинизированы). Нередко изменяется (вследствие различных химических реакций) и цвет основной массы: в палеотипных породах он становится более зеленым (происходит эпидотизация, хлоритизация и серпентинизация цветных минералов).

В табл. 1 приводится классификация главнейших пород, ниже дается краткая характеристика только тех, которые рекомендованы программой.

Кислые породы. Они характеризуются высоким содержанием кремнекислоты (65—75%), незначительным содержанием цветных силикатов (3—12%) и общей светлой окраской. Плотность кислых пород около 2,7. Для них характерно присутствие кварца и ортоклаза, иногда кислого плагиоклаза, биотита (мусковита), реже роговой обманки и еще реже авгита. Среди кислых пород наиболее распространены интрузивные породы и реже их эфузивные аналоги.

Гранит — абиссальная порода, обладающая полнокристаллической структурой. Породообразующие минералы — кварц (до 30%), калиевый полевой шпат (до 40%), в некоторых случаях частично замещенный кислыми плагиоклазами, и темноцветные минералы (5—10%), из них чаще встречается биотит, реже роговая обманка и редко авгит. Если содержание калиевого полевого шата повышается до 65—70%, граниты называются щелочными в отличие от нормальных, состав которых указан выше. Кварц присутствует в виде бесцветных, дымчато-серых и черных зерен неправильной формы с жирным блеском. Ортоклаз легко определяется по спайности, стеклянному блеску на плоскостях спайности и окраске (мясо-красной, розовой, серовато-белой). По цвету ортоклаза дается наименование цвету породы. Наряду с биотитом иногда встречается мус-

ковит (двуслюдистый гранит). Гранит, как правило, имеет равномерно-зернистую структуру, но иногда на фоне основной хорошо раскристаллизованной массы видны более крупные кристаллы минералов, имеющие тот же состав, что и основная масса. Такая структура называется порфировидной. Порфировидные, крупнозернистые биотит-рогообманковые граниты с крупными отдельными кристаллами ортоклаза называются рапакиви (*фин.* — гнилой камень — легко разрушается при выветривании). Разновидностью гранита является пегматит (письменный гранит), в котором ортоклаз закономерно прорастает с вытянутыми кристаллами кварца. Пегматит — крупнокристаллическая жильная порода.

Липарит обладает афанитовой или порфировой структурой. В светлой, часто розовато- или желтовато-белой афанитовой массе содержатся редкие вкрапленники полевого шпата (сандин) и еще более редкие — кварца и биотита.

Липаритовый порфир — палеотипный аналог липарита. Это плотная более или менее темноокрашенная (бурая, красная, серая) основная масса, в которую вкраплены каолинизированные кристаллы ортоклаза или кварца.

Средние породы. Они содержат 52—65% кремнекислоты. Характеризуются большим содержанием светлых минералов, чем темных (типичны роговая обманка, биотит и реже авгит). Такое соотношение минералов определяет светло-серую или серую окраску этих пород. Светлые минералы могут быть представлены калиевыми полевыми шпатами — ортоклазом и микроклином (сиенит, трахит, сиенит-порфир) или плагиоклазами (диорит, диоритовый порфирит, андезит и андезитовый порфир).

Сиенит — абиссальная порода, состоящая из ортоклаза (50—60%), кислых плагиоклазов (25—30%), роговой обманки, иногда частично замещенной биотитом и реже авгитом (в сумме на темноцветные приходится 10—20%). Иногда имеется кварц, но в сиените его количество не превышает 5%. Структура полнокристаллическая, обычно среднезернистая, так как в средней магме меньше минерализаторов (газов и паров), чем в кислой, равномерно-зернистая. Цвет от розового до сероватого. Если полевые шпаты представлены исключительно ортоклазами, сиениты называются щелочными в отличие от нормальных, описанных выше. Сиенит залегает в виде самостоятельных интрузивных тел или занимает краевые части гранитных массивов.

Трахит — излившаяся порода, в свежем виде (неотипная) обычно светло-желтая, светло-серая или розовая, обладает порфировой структурой и пористой текстурой. Кристаллические вкрапленники представлены сандином, реже темноцветными минералами (биотитом или роговой обманкой).

Трахитовый порфир (ортопир) — сильно измененный палеотипный трахит. У него более темная, чем у трахита, желтая или бурая окраска, более уплотненная основная скрытокристаллическая масса, ортоклаз каолинизирован, темноцветные минералы подвергались серпентинизации, хлоритизации и эпидитизации.

Диорит — абиссальная порода, обладающая полностью кристаллической структурой. Светлые минералы представлены плагиоклазами, придающими породе светло-серую или серую окраску, на фоне которой резко выделяются зелено-вато-черные удлиненные кристаллы роговой обманки, реже короткостолбчатые кристаллы авгита, иногда имеется кварц и ортоклаз (вместе они составляют 3—6%).

Анdezит — очень распространенная эфузивная порода темно-серого или черного цвета. Структура порфировая. Основная масса скрытокристаллическая; порфировые включения обычно представлены средним плагиоклазом или роговой обманкой, темноцветные минералы — авгитом, реже роговой обманкой и биотитом. Текстура пористая.

Анdezитовый порфириит обладает той же структурой, тем же минералогическим составом и формой залегания, что и анdezит. Отличается от последнего чрезвычайно сильной измененностью входящих в него минералов; плагиоклазовые вкрапленники имеют матовый блеск и грязно-серый цвет. Цветные минералы хлоритизированы, поэтому порфириит имеет темно-серый или темно-зеленый цвет.

Щелочные породы. Они характеризуются небольшим содержанием кремнекислоты (40—50%) и значительным содержанием щелочей. Из-за недостатка кремнекислоты в этих породах вместо калиево-натриевых полевых шпатов образовались фельдшпатиды. Щелочные породы светло окрашены (чаще розовато-сероватые и зеленовато-сероватые). Плотность 2,7. Встречаются щелочные породы редко, но имеют большое практическое значение. К ним приурочены месторождения апатита, циркона, титановых и редкоземельных руд. Из пород этой группы наиболее распространен нефелиновый сиенит, его излившиеся аналоги — реже.

Нефелиновый сиенит — абиссальная порода, существенной составной частью которой являются нефелин (до 20%), калиевые полевые шпаты (65—75%), а из темноцветных — роговая обманка, пироксены, биотит (10—25%).

Основные породы. В основных породах около 40—50% кремнекислоты. Главные породообразующие минералы — пироксены (авгит) и плагиоклазы (часто лабрадор). Может присутствовать роговая обманка. Большое количество темноцветных минералов придает породе темную окраску, на фоне которой выделяются серовато-черные зерна плагиоклазов. Глубинные породы основного состава менее распространены.

странены, чем излившиеся, занимающие площадь в сотни тысяч квадратных километров.

Габбро — абиссальная полноизоморфическая порода, состоит из авгита, роговой обманки и плагиоклаза (до 50%). Разновидность габбро, образованная почти целиком из лабрадора, называется лабрадоритом. В габбро иногда встречаются кристаллы магнетита, оливина и других минералов. Цвет габбро серый, темно-серый, зеленовато-серый, черный. Структура крупно- и среднезернистая, характерна плитчатая отдельность. Излившимися аналогами габбро являются базальты (неотипные породы) и базальтовые порфиры (палеотипные).

Базальт — черная или темно-серая порода, обладающая скрытокристаллической или мелкокристаллической структурой. Обычно наряду с мелкими кристаллами авгита и плагиоклаза в породе присутствует нераскристаллизованная стекловатая масса.

Базальтовый порфирит (диабаз) — палеотипный аналог базальта. Структура порфировая. Вкрапленники — удлиненные кристаллики плагиоклазов, разделенные микролитами авгита. Базальтовый порфирит в отличие от базальта изменен вторичными процессами, поэтому входящие в него минералы — авгит, плагиоклазы и роговая обманка — частично переходят в серпентин, эпидот и хлорит, что и придает породе зеленоватый тон. Палеотипный базальт подводного образования назван спилитом.

Ультраосновные породы. Они содержат меньше 40% кремнекислоты. Породы этой группы состоят из оливина, пироксена — силикатов с почти полным отсутствием глинозема и щелочей, но богатых окислами железа и магния. Плотность 3,2—3,3. Цвет от темно-зеленого до черного. Ультраосновные породы главным образом глубинные; излившиеся их аналоги встречаются крайне редко. Из глубинных рассмотрим дунит, перидотит и пироксенит. Эти породы на поверхности земли мало распространены, но они имеют большое практическое значение: к ним приурочены месторождения магнетита, хромита, платины, меди, серебра, кобальта, никеля, асбеста, талька, титаномагнетитов и др.

Пироксенит на 95% состоит из пироксенов (авгит и др.), в небольшом количестве в породе содержится оливин (0,5—10%). Порода полноизоморфическая от мелко- до крупнозернистой. Цвет зеленовато-черный, зеленовато-серый. Излившиеся аналоги — пикрит и пикритовый порфирит.

Перидотит — наиболее распространенная порода среди ультраосновных. Состоит из оливина и авгита, содержащихся в породе почти в равных количествах, цвет породы темно-зеленый и зелено-черный. Структура среднезерни-

стая, в которой различимы (по округлым желтовато-зеленым зернам) оливин и (по короткостолбчатым кристаллам черного цвета) авгит. Гипабиссальным аналогом перидотитов являются кимберлиты, заполняющие трубы взрыва.

Дунит состоит главным образом из оливина (95%); в небольших количествах присутствуют авгит, хромит и магнетит. Цвет от темно-желтого с зеленоватым оттенком до почти черного. Структура породы полнокристаллическая. Текстура массивная.

Из пород, не вошедших в таблицу, представляют интерес обсидиан, пемза, пирокластические породы.

Обсидиан (вулканическое стекло) — порода, соответствующая по составу липариту (однако обсидиан может быть и среднего состава), но имеющая стекловатую структуру и массивную текстуру. Обсидиан — аморфная масса, обладающая обычно красновато-коричневой, темно-серой, доходящей до черной окраской, раковистым изломом и жирным блеском.

Пемза — пористая, некристаллическая (стекловатая) порода, возникающая при вулканических извержениях кислой, средней, реже основной, богатой газами магмы. Ввиду большой пористости плотность пемзы низкая (менее 1,0, плавает в воде).

Пирокластические породы. Излияние кислой (а также средней) магмы и реже основной, богатой газами, часто сопровождается выбросами рыхлых продуктов извержения того же состава, которые образуют пирокластические (огнеобломочные) породы. Пирокластические породы возникают из частиц еще незастывшей лавы, обломков пород, слагающих жерло и кратер вулкана.

Рыхлые накопления мельчайших частиц образуют вулканический пепел, а частицы размером 0,5—2 мм — вулканический песок. Более крупные обломки, выбрасываемые из вулканов, называются лапиллями (камешки размером до 30 мм) и вулканическими бомбами (от 30 мм до нескольких метров в поперечнике). Для пирокластических пород характерна угловатость обломков и отсутствие сортировки. Вулканический пепел может служить прекрасным удобрением.

Если спекшиеся вулканические пепел и песок содержат более крупные обломки, порода называется вулканической брекчиеи. При смешении пепла с илистыми осадками водоема образуется туффи.

§ 2. ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочные горные породы образовались на поверхности земли в результате накопления минеральных масс, полученных в процессе разрушения горных пород (магматических,

ранее существовавших осадочных, метаморфических). Процессы накопления осадочных горных пород идут повсеместно. Осадочные горные породы в одних случаях состоят из обломков ранее разрушенных горных пород, в других — из скоплений органических остатков, в третьих — из кристаллических зерен, выпавших из раствора. В осадочных породах находят окаменевшие остатки флоры и фауны, позволяющие уточнять среду, в которой шло формирование осадков.

Для подавляющего большинства осадочных пород характерна слоистая форма залегания. Отдельные слои отличаются друг от друга составом и величиной минеральных зерен, окраской, плотностью сложения.

Осадочные горные породы могут быть как рыхлыми, так и плотными. Некоторые породы в сухом состоянии плотны, но легко размокают под действием воды. Рыхлые горные породы сыпучи, а при соответствующих условиях могут быть превращены в сцепментированные.

Осадочные горные породы по происхождению делятся на четыре группы: обломочные, образовавшиеся в результате механического разрушения каких-либо ранее существовавших пород, переноса обломков и накопления их; глинистые, сформировавшиеся при совместном механическом и химическом разрушении каких-либо ранее существовавших пород, переноса продуктов разрушения и их накопления; химические, образовавшиеся благодаря выпадению осадков из растворов; органогенные — результат жизнедеятельности организмов или скопления отмерших организмов. Породы смешанного (химического и органогенного) происхождения называют породами биохимического происхождения.

Изучая структуру и текстуру осадочных пород, можно их отнести к одной из вышеуказанных групп. Изучая породы органогенного и химического происхождения, следует определять минералогический состав. Он даст возможность установить наименование большинства их. Для уточнения наименования пород органического происхождения важно определить, в каком виде представлены органические остатки. Породы, состоящие из хорошо сохранившихся окаменелых раковин, имеют биоморфную структуру; породы, состоящие из обломков скелетов организмов, — детритусовую. Структура пород химического происхождения, как правило, зернистая.

Минералогический состав обломочных пород весьма различен и не является определяющим в наименовании этой подгруппы пород. Для них важно установить структуру (величину и форму обломков и наличие цемента). По составу цемент может быть кремнистый, известковый, мергели-

стый, глинистый, глауконитовый, битуминозный, железистый и др. Помимо простого цемента встречается сложный (сочетание цементирующих веществ). Цементы, как правило, определяются легко. Так, известковый — по реакции его с соляной кислотой, кремнистый — по высокой твердости и slabожирному блеску, железистый — по бурой окраске, глинистый — по сравнительно легкой размокаемости, битуминозный — по запаху и т. д.

Цемент может образоваться одновременно с накоплением обломочной породы (сингенетический) и позже нее (эпигенетический). К сингенетическим цементам относятся кремнекислота, к эпигенетическим — карбонаты, окислы железа, сульфаты и др. Образование эпигенетического цемента происходит за счет выпадения солей из вод, передвигающихся между обломками. Соли, постепенно заполняя пустоты породы, цементируют обломки.

ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Обломочные (кластические) породы состоят из обломков разнообразных пород и минералов. В соответствии с величиной обломков выделяются следующие подгруппы: 1) крупнообломочные, диаметр преобладающих обломков более 2 мм; 2) среднеобломочные, диаметр обломков от 2 до 0,05 мм; 3) мелкообломочные, или пылеватые, диаметр обломков от 0,05 до 0,01 мм (табл. 2).

Крупнообломочные породы (псефиты). К псефитам относятся породы, состоящие из обломков различного состава размером свыше 2,0 мм в поперечнике. В зависимости от структуры выделяются следующие породы.

Глыбы — скопление угловатых обломков размером свыше 100 мм.

Щебень — скопление угловатых обломков размером от 100 до 10 мм.

Дресва — скопление угловатых обломков размером от 10 до 2 мм.

Образование этих пород связано с выветриванием любых горных пород. Залегают они вблизи коренных пород, из которых они образовались.

Валунник — скопление валунов — окатанных обломков диаметром более 100 мм. Валуны образуются при окачивании глыб водами горных рек, волнами морей. Валунник развит в горных долинах и вдоль скалистых берегов морей и океанов.

Галечник — скопление галек — окатанных обломков диаметром от 100 до 10 мм. Гравий — скопление окатанных обломков диаметром от 10 до 2 мм. Галечник и гравий образуются в результате истирания и окачивания глыб,

Главнейшие осадочные обломочные породы
(поперечник обломков в мм)

Наименование подгруппы обломочных пород	Структура и наименование породы			
	несцементированные		сцементированные	
	из обломков неокатанных	из обломков окатанных	из обломков неокатанных	из обломков окатанных
Крупнообломочные (псефиты)* >2	глыбы >100, щебень, 100—10, дресва 10—2	валунник >100, галечник 10—100, гравий 10—2	брекчия	конгломерат
Среднеобломочные (псаммиты — песчаные) 2—0,10	пески	грубозернистый 2—1, крупнозернистый 1—0,5, среднезернистый 0,5—0,25, мелкозернистый 0,25—0,10	песчаник (соответствующей зернистости)	песчаник (соответствующей зернистости)
Мелкообломочные (пылеватые — алевриты) 0,10—0,01	алеврит	крупнозернистый 0,1—0,05, мелкозернистый 0,05—0,01		алевролит

* Греч. псефос — камешек; псамос — песок; франц. алеврон — мука.

валунов, щебня движущейся водой рек, озер, морей. Несомые рекой обломки окатываются, приобретая яйцевидную форму, а передвигающиеся волнами озер и морей истираются, приобретая чаще лепешкообразную (плоскую) форму.

Брекчия — крупнообломочная порода, состоящая из сцементированных остроугольных обломков (глыб, щебня, дресвы). Обломки как по минеральному составу, так и по размеру могут быть либо однородными, либо разнородными.

Конгломерат — крупнообломочная порода, состоящая из сцементированных окатанных обломков (галек, гравия, валунов). Состав обломков, их размер, цемент могут быть различными.

При определении крупнообломочных пород следует учитывать: 1) размеры обломков, пределы колебаний их диаметров и преобладающий размер; 2) форму обломков; 3) состав обломков; 4) в случае сцементированных пород необходимо также отмечать состав цемента, прочность и плотность цементации.

Среднеобломочные (псаммитовые) породы. К среднеобломочным породам относятся пески и песчаники. Первые — рыхлые, с размером зерен от 2 до 0,10 мм, вторые — той же величины обломки, скементированные между собой. В зависимости от величины обломков пески и песчаники разделяют на грубозернистые (1—2 мм), крупнозернистые (0,5—1 мм), среднезернистые (0,25—0,5 мм), мелкозернистые, чаще кварцевые (кварц — наиболее устойчивый минерал). К кварцевым зернам могут примешиваться зерна полевых шпатов, слюды, глауконита, кальцита, магнетита, окислы железа и др. В случае преобладания в породе одного из вышеуказанных минералов название песка дается по этому минералу. Пески и песчаники по числу минералов, входящих в них, разделяются на мономинеральные — состоящие из одного минерала (например, кварцевые); олигомиктовые — из двух минералов (например, слюдисто-глауконитовые), и полимиктовые — из нескольких минералов (например, аркозовые пески состоят из полевых шпатов, кварца и слюды).

Песчаники в зависимости от состава цемента могут называться железистыми, известковистыми, кремнистыми, глинистыми и др. Кремнистые песчаники, состоящие из кварцевых зерен, скементированные кремнем (самые крепкие). Глинистые песчаники (содержащие в цементе преимущественно глинистые вещества) мягкие, легко размокают. У глауконитовых песчаников цемент или нацело состоит из минерала глауконита, или с примесями известковых и глинистых частиц. Известковистые песчаники в качестве цементирующего вещества имеют карбонаты кальция, нередко с примесями доломита. Чем лучше цемент раскристаллизован, тем крепче песчаник. Разнородные грубозернистые песчаники сложного состава, содержащие обломки основных, чаще эфузивных пород, называются граувакками. Плотность песков 2,62—2,80. Пористость песков в рыхлом состоянии от 27 до 62 %. Цвет песков и песчаников зависит от цвета преобладающих обломков и цвета цемента.

Мелкообломочные, или пылеватые (алевритовые), породы. Представителями алевритовых пород являются лессы, су-глинки, супеси. Первые из них относятся к мелкозернистым алевритам, вторые — к крупнозернистым.

Лесс — светло-палевая или желто-серая однородная порода, состоящая главным образом из частиц кварца и извести размером 0,05—0,01 мм, с примесью глинистых (менее 10 %) и песчаных (2—3 %) частиц. Известь присутствует в породе как в виде мелких разнообразных по форме скоплений (известковых журавчиков — конкреций), так и в виде тонко рассеянной по всей породе массы, что легко обнаруживается по бурной реакции лесса с соляной кисло-

той. На долю карбонатов приходится до 15, реже до 30% всей массы породы, на долю кварца — до 50—90% и на долю глинозема — 4—20%. Лесс обладает высокой (до 59%) пористостью¹ (диаметр пор до 2—3 мм). Легко растирается пальцами, образуя мучнистую массу. В воде быстро размокает, превращаясь в липкую грязь. Не слоист.

Лессовидные суглинки отличаются от лессов тем, что в них помимо пылеватых (0,05—0,01 мм) содержится значительное количество более мелких частиц. Состав их близок к лессу. Они слоисты, обладают меньшей, чем лессы, пористостью. Встречаются разности, для которых характерно уменьшение объема при намокании.

Суглинки — пылеватые породы, содержащие до 20—30% (реже до 60% — жирные или тяжелые суглинки) глинистых, до 10—20% мелкопесчаных частиц, остальная часть — пылеватые частицы. В виде примеси много водной окиси железа и алюминия. Цвет их чаще бурый и коричневато-бурый. Суглинки слабо водопроницаемы. Во влажном состоянии их можно скатать в валик, при свертывании его в калач последний покрывается трещинами. Суглинки образуются в результате деятельности дождевых струй, рек, ледников. Суглинки ледникового происхождения не отсортированы, в них наряду с пылеватыми и глинистыми частицами содержатся более крупные обломки и даже валуны, поэтому они имеют особое название — валунные суглинки. Древний окаменевший валунный суглинок называют тиллитом.

Супеси — пылеватые породы, содержащие 10—20% глинистых частиц, до 25% песчаных, остальная часть представлена пылеватыми частицами. Супеси состоят из кварца, слюды, окислов железа, глинистых и других минералов; цвет их различный: палевый, желтовато-бурый, красновато-бурый и др. Супеси хорошо водопроницаемы, не пластичны, скатанный из них валик при изгибе разламывается. Образуются в результате деятельности рек, озер и др.

Алевритовые породы, сцементированные известковым, кремнистым или другим цементом, называются алевролитами. Они тонкослоисты, в воде не размокают.

ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Глинистые или тонкодисперсные (пелитовые) породы состоят из обломков, поперечник которых менее 0,01 мм, при этом до 30% обломков имеют диаметр менее 0,001 мм. К этой группе относится глина — весьма широко распро-

¹ Под пористостью понимают отношение объема пор в данном образце породы ко всему объему породы. Пористость выражается в процентах.

страненная порода на поверхности земли. Она состоит главным образом из частиц, являющихся продуктами химического разложения коренных пород, и в меньшей мере из частиц, образовавшихся при механическом разрушении других пород. Типичные минералы глин — каолинит, монтмориллонит¹ и иллит. Кроме того, в глине имеются обломки гидрослюд, кварца, полевого шпата, слюд и др. Цвет глины разнообразный. В сухом состоянии глина земиста и растирается в порошок или камениста, во влажном — пластичная и принимает придаваемую ей форму. Сделанный во влажном состоянии валик при свертывании его в калачик не разрушается и не растрескивается. На поверхности плотной глины ноготь оставляет блестящую полосу. Глина, состоящая из каолинита, носит название каолина. При отсутствии посторонних примесей она имеет белый цвет.

ХЕМОГЕННЫЕ И ОРГАНОГЕННЫЕ ПОРОДЫ

Хемогенные и органогенные породы в подавляющем большинстве своем имеют смешанное (бионахическое) происхождение, поэтому мы их характеризуем вместе.

Группы хемогенных и органогенных пород (табл. 3) по составу обычно делятся на подгруппы: карбонатные, кремнистые, железистые, галоидные, сернокислые, алюминиевые и фосфатные. Особо выделяются горючие породы, или каустобиолиты.

Карбонатные породы. Представлены известняками, доломитами, мергелями и т. п.

Известняк — широко распространенная порода, состоящая из минерала кальцита. Она легко определяется по бурно протекающей реакции с HCl. Цвет белый, желтоватый, серый, черный. Известняки бывают органического и химического происхождения.

Органогенные известняки состоят из остатков организмов. Если возможно, следует определить, остатками каких организмов представлен известняк, по ним и дается название (например, фузулиновый известняк, коралловый и др.). Если известняк состоит из сохранившихся раковин, его называют известняк-ракушечник, а если из битых — детритусовый известняк. Разновидностью органогенного известняка является мел, состоящий главным образом из мельчайших раковин фораминифер, порошковатого кальцита и панцирей простейших микроскопических морских водорос-

¹ Монтмориллонит — водный силикат алюминия ($\text{Al}[\text{OH}]_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$) с высоким содержанием воды и обычно MgO_2 ; твердость 1—2; плотность 2; цвет белый, сероватый, слабо-зеленоватый; блеск жирный; слоевой силикат.

Таблица 3

Главнейшие породы органического и химического происхождения

Название подгрупп	Органогенные	Хемогенные
Карбонатные	известняк коралловый известняк-ракушечник известняк дегритусовый мел мергель	известняк плотный известняк оолитовый известковый туф натечный известняк доломит сидерит мергель магнезит
Кремнистые	диатомит опока	трепел кремнистые туфы кремень
Железистые	—	лимонит
Галоидные	—	каменная соль
Сернокислые	—	гипс ангибит
Фосфатные	—	фосфориты
Каустобиолиты	торф ископаемые угли горючие сланцы нефть асфальт озокерит янтарь	

лей. Мел — белая землистая порода легко растирается в порошок.

Известняки химического происхождения встречаются в виде плотных тонкозернистых масс; скоплений мелких шариков скорлуповатого или радиально-лучистого строения, соединенных известковым цементом, — оолитов; сильнопористой породы, образующейся в местах выхода на земную поверхность богатых растворенной двууглекислой известью подземных вод, из которых при улетучивании углекислоты или при остывании воды быстро выпадает избыток растворенного углекислого кальция (известковый торф — травертин); натечных образований кальцита (сталакиты, сталаг-

миты, корки). В размолотом виде известняк используется как удобрение.

Доломит состоит из минерала того же названия. Внешне похож на известняк, отличается от него реакцией с соляной кислотой (реагирует в порошке), желтовато-белым, иногда буроватым цветом, большой твердостью (3,4—4). Образуется главным образом путем химического изменения известковых осадков.

Сидерит образует конкреции и зернистые массы. На долю осадочных месторождений железа (в том числе и лимонита) приходится до 30% мировой добычи железных руд. Образуется за счет выветривания железосодержащих пород и переноса ионов железа в моря и озера. Сидерит похож на известняк. Реагирует с соляной кислотой только при нагревании ее с порошком.

Мергель — известково-глинистая порода, состоящая из кальцита и глинистых частиц (30—50%). Цвет ее палево-желтый, коричневато-желтый, белый, серый. Внешне мергель иногда мало отличим от известняка; его легко распознать по характеру реакции с соляной кислотой, после капли которой на поверхности мергеля остается грязно-серое или обеленное пятно, обусловленное концентрацией на месте реакции глинистых частиц. Образуется порода в морях и озерах.

Кремнистые породы могут быть химического (кремень, кремнистый туф, трепел) и органического происхождения (диатомит, опока).

Диатомит — пористая, легкая, белая, светло-желтая, рыхлая или скементированная порода, легко растирается в тонкий порошок, жадно поглощает воду. Состоит из мельчайших опаловых скорлупок диатомовых водорослей, скелетов радиолярий и игл губок, встречаются зерна кварца, глауконита, глинистых минералов. Образуется диатомит из диатомового ила, находящегося на дне озер и морей.

Трепел трудно макроскопически отличить от диатомита; состоит он не из органических остатков, а из мельчайших (0,01—0,001 мм) зернышек опала с небольшой примесью скорлупок диатомовых водорослей и остатков кремнистых скелетов радиолярий и губок. Цвет трепела белый, желтый, бурый, светло-серый, темно-серый. Встречается в виде как рыхлой мучнистой породы, так и компактных пористых масс. Характерными признаками трепела являются способность жадно впитывать влагу и малый удельный вес.

Опока — кремнистая, пористая порода белого, серого, черного цвета, обладающая часто раковистым изломом. Наиболее твердые ее разности при ударе раскалываются с характерным звенящим звуком (трепел — с глухим звуком). Она обладает несколько большим, чем трепел, удель-

ным весом, состоит из зернышек опала и незначительной примеси остатков кремневых скелетов организмов, сцементированных кремнистым веществом (из других примесей — глауконит, глинистые минералы и др.).

Железистые породы образуются в результате выветривания основных магматических и метаморфических пород, содержащих до 2—3% железа. Иногда железо не накапливается на месте, а при соответствующих условиях переносится в растворенном виде в моря и озера, где осаждается благодаря соприкосновению с морскими солеными водами или в результате деятельности бактерий. Наиболее распространенной железистой породой является лимонит — механическая смесь гидроокислов железа с песчаным или глинистым материалом. По внешнему виду это чаще всего бобовые (оолитовые) или натечные массы. Цвет его желтый, бурый, накапливается в болотах и лугах подзолистой зоны, поэтому часто называется болотной или луговой рудой.

Галоидные породы. Из галоидных пород наиболее распространена каменная соль, состоящая из минерала галита. Каменная соль является важным сырьем для химической промышленности. Нередко слои каменной соли чередуются со слоями сильвина. Определяются они так же, как минералы галит и сильвин. Структура этих пород зернистая, текстура массивная.

Сернокислые породы. Из группы сернокислых пород наиболее широко распространены гипс и ангидрит. Они образуются при выпадении из водных растворов, например, в замкнутых бассейнах (мелководных озерах, лагунах).

Алюминиевые породы. Наиболее ценные из них бокситы — породы, состоящие преимущественно из гидратов окиси алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с примесью гидратов окиси железа, каолинита и SiO_2 . Боксит — чаще всего порода землистого, плотного или оолитового строения, светло-желтого, красно-бурового, красного, но иногда и белого цвета. Образуются бокситы при выветривании алюмосиликатных магматических пород в условиях жаркого климата при чередовании засушливых и дождливых сезонов, а также при осаждении в прибрежных зонах морей и в озерно-болотных водоемах.

Фосфатные породы. К ним относятся многие осадочные породы, обогащенные кальциевыми солями фосфорной кислоты с содержанием P_2O_5 12—40% и более. Кроме фосфатов кальция, представленных чаще апатитом, в составе фосфоритов встречаются примеси кварца, кальцита, глауконита, остатки радиолярий, диатомей и других органических веществ. Фосфатные породы встречаются в виде конкреций и пластов. Образуются они как хемогенным, так и биоген-

ным путем в морях и на континентах (в озерах, болотах, пещерах). В морях, согласно исследованиям А. В. Казакова, фосфориты возникают при выпадении химического осадка на глубинах от 50 до 150 м. Здесь фосфориты образуют конкреции или пласти, достигающие мощности 10—15 м. Цвет фосфоритов серый, темно-серый, черный. Применяются как сырье для удобрения (суперфосфат) и получения фосфора.

Каустобиолиты. Под названием каустобиолитов объединяется большая группа горючих углеродистых пород органического происхождения. Они бывают твердыми (торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, асфальт, озокерит), жидкими (нефть) и газообразными (горючие газы).

Торф состоит из полуразложившихся болотистых и древесных растительных остатков, содержащих в своем составе: углерод (35—59%), водород (6%), кислород (33%), азот (2,3%). Торф — рыхлая, буровато-коричневая или черная порода. В зависимости от того, из каких растительных остатков состоит торф, различают сфагновый, осоковый, тростниковый. Сфагновый образуется из мхов (сфагnuma), произрастающих на верховых болотах (расположенных на междуречьях). Питание этих болот происходит за счет атмосферных осадков, поэтому торф малозольный, светло-буроватый, кислый. Торфы тростниковые и осоковые отличаются большой зольностью, так как они образуются в низинных болотах, куда сносится значительное количество неорганического вещества (глинисто-илистый материал, соли); они имеют буровато-коричневый и черный цвет. В сыром виде торф содержит 85—90% воды, при высушивании его до воздушно-сухого состояния в нем остается еще около 25% воды. Торф используется для удобрений (особенно ценен для этой цели торф низинных болот, из него приготавливают компости), для отопления и т. д.

Бурый уголь содержит 67—78% углерода, 5% водорода и 17—26% кислорода. Это плотная темно-бурая или черная масса с землистым изломом, матовым блеском, черта темно-бурая. Твердость 1—1,5. Плотность 1,1—1,2. В составе бурых углей имеются примеси глинистых минералов, обуславливающие их высокую зольность.

Каменный уголь содержит до 85% углерода. Порода черного цвета, плотная, с зернистым изломом, блеск матовый, черта черная. Твердость от 0,5 до 2,5. Плотность 1,1—1,8.

Антрацит содержит 92—97% углерода. Эта твердая порода серовато-черного цвета с сильным полуметаллическим блеском. Цвет черты светло-черный. Излом зернистый, раковистый. Порода плотная (рук не пачкает). Твердость

2,0—2,5. Плотность 1,3—1,7. Образуется при очень высоких давлениях и высоких температурах.

Горючие сланцы — сланцеватые, глинистые или мергелистые породы, в состав которых входит органическое вещество в виде рассеянного сапропеля (гнилостного ила). Горючие сланцы тонкослоисты, обладают темно-серым или бурым цветом, при горении их ощущается запах битума, образовались они в процессе накопления отмерших микроводорослей и животного соленоводного планктона.

Нефть представляет собой смесь жидких и газообразных углеводородов. На долю других элементов (азота, кислорода, серы и др.) приходится 1—2%. По внешнему виду это маслянистая жидкость, цвет изменяется от почти белого, желтого, красноватого, коричневого до темно-коричневого; соответственно меняется и удельный вес от 0,76 до 1,0. Лишь асфальтовые нефти имеют несколько больший удельный вес.

§ 3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Метаморфические горные породы образуются в процессе более или менее глубокого преобразования (метаморфизма) магматических, осадочных и ранее образовавшихся метаморфических горных пород под действием высокой температуры и давления (ориентированного или всестороннего — петростатического) и пневматолиза. Пневматолиз — процесс, ведущий к изменению минералогического состава исходных горных пород под действием химически активных веществ — газов и паров, выделяющихся из внедрившейся в земную кору магмы. Последняя изменяет вмещающие ее породы также за счет воздействия на них высоких температур, свойственных ей. Ориентированное давление возникает при горообразовательных процессах, а всестороннее — при опускании горных пород в более глубокие зоны земной коры, где они испытывают давление вышележащих толщ и влияние высокой температуры, характерной для этой зоны.

Исходные породы при метаморфизме перекристаллизовываются, изменяются их первоначальные текстура и структура и нередко минералогический состав. Причем изменения в горных породах происходят в твердом веществе без перехода его в жидкое состояние. Для того чтобы подчеркнуть, из каких пород образовалась метаморфическая порода, к ее названию прибавляют приставку «пара» (например, пара-гнейс), если она образовалась из осадочных пород, или «орт», если она возникла из магматических пород.

Химический и минералогический составы метаморфических пород весьма разнообразны. Породы могут состоять

как из одного минерала, так и из нескольких. Главные поро- дообразующие минералы метаморфических пород — кварц, полевой шпат, слюда, амфиболы и пироксены. Для слабо- метаморфизованных горных пород характерны тальк, хло- риты, карбонаты и др. Наибольшим распространением в ме- таморфических горных породах пользуются слоевые сили- каты, которые обусловливают сланцеватую текстуру пород. Если в метаморфической породе наблюдается чередование различных минералов, говорят о полосчатой текстуре. Для ряда метаморфических пород при отсутствии ориентировки пордообразующих минералов характерна массивная тек- стура. Если порода гофрирована, ее текстура плойчатая. Встречаются очковые (с утолщением полос) текстуры. Структура у метаморфических пород кристаллическая.

Ниже приводится описание наиболее распространенных пород от менее метаморфизованных к более глубоко мета- морфизованным.

Глинистый сланец является начальной стадией изменения глинистых пород. От последних он отличается наличием хорошо выраженной сланцеватости, параллельно которой глинистый сланец легко раскалывается на пластины (в слан- цах глинистые минералы частично перекристаллизованы с образованием биотита, серицита, хлорита и др.). Глинистые сланцы не размокают в воде. К осадочным породам их при- ближает матовый блеск, свойственный глинам. В отличие от типичных метаморфических пород они не обладают пол- нокристаллической структурой. Цвет сланцев зеленый, се- рый, бурый или черный.

Филлиты имеют полнокристаллическую тонкозерни- стую структуру, не различимую невооруженным глазом. Она проявляется в наличии сильного, обычно шелковистого блеска на поверхностях раскола по сланцеватости. Филлиты состоят из слюды, серицита, кварца, полевого шпата; цвет их зеленоватый, серый, черный; образуются из глинистых сланцев, глин, суглинков.

Хлоритовый сланец состоит из хлорита с неболь- шой примесью кварца. Для него характерны зеленые тона, мелкочешуйчатая структура. Текстура сланцеватая. Образуется за счет основных магматических пород.

Тальковый сланец состоит почти исключительно из талька. Цвет чаще серый, зеленоватый; жирен на ощупь; образуется в процессе метаморфизации ультраосновных маг- матических пород, а при гидротермальном метаморфизме — и из серпентинитов.

Слюдяные сланцы обладают хорошо выраженной полнокристаллической структурой и сланцеватой текстурой. В состав их входят слюда и кварц. В зависимости от пре- обладания в породе той или иной слюды сланец называют

мусковитовым, биотитовым и др. Образуются слюдяные сланцы из филлитов, глинистых сланцев при глубоком их преобразовании.

Гнейс — глубокометаморфизованная порода, характеризуется полосчатостью и сланцеватостью сложения, состоит из кварца, полевого шпата и слюды или роговой обманки, расположенных перемежающимися полосами; кварц, слюда, полевой шпат. При наличии черной слюды гнейс называется биотитовым, белой — мусковитовым. Если в нем присутствуют обе слюды, гнейс называется двуслюдяным. Гнейсы могут возникнуть в результате метаморфизма изверженных (преимущественно кислых), осадочных и многих метаморфических пород. Образуются они в глубоких зонах земной коры.

Кварцит состоит из зерен кварца, обладает полнокристаллической, обычно мелкозернистой структурой. Текстура его плотная, массивная. Цвет в чистых разностях белый, светло-серый. Примеси могут окрашивать его в красно-бурые, малиновые и другие тона. Кварциты очень прочны; образуются при перекристаллизации кварцевых песков, песчаников и других кремнистых пород.

Мрамор состоит из зерен кальцита; обладает полнокристаллической структурой; образуется при перекристаллизации известняков и других осадочных пород, богатых кальцитом. Характерна светлая окраска: белая, зеленоватая, серовато-голубоватая, розовая, полосчатая, пятнистая, видовая. Мрамор массивен, реже сланцеват.

Раздел II

ГЕОХРОНОЛОГИЯ

В истории формирования и развития Земли выделяют два крупных этапа — догоологический (космический) и геологический.

Геологический этап начинается с того времени, от которого сохранились наиболее древние геологические документы — минералы и горные породы. Известные ныне минералы и горные породы, однако, образовались из каких-то ранее существовавших пород, не сохранившихся по тем или иным причинам до наших дней, поэтому начало геологического этапа в истории Земли принимается условно.

Глава 3

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ГОРНЫХ ПОРОД

Для выражения времени в истории развития Земли за геологический этап используют два метода: метод абсолютной и метод относительной геохронологии. Определение абсолютного времени в геологии стало возможным в XX в. в связи с использованием для этих целей радиоактивных элементов. Применение этого метода основано на том, что ядра атомов некоторых неустойчивых элементов, в основном радия, урана, тория и ряда других, с постоянной, присущей каждому из них скоростью, не зависящей от внешних условий, самопроизвольно распадаются, образуя атомные ядра устойчивых элементов. Длительность процесса полураспада исчисляется у большинства элементов десятками и сотнями миллионов лет (у тория длительность полураспада равна $1,4 \cdot 10^7$ лет, у урана — $7 \cdot 10^8$ лет). По относительному содержанию в минерале или горной породе остатка радиоактивного элемента, количеству появившихся устойчивых элементов и скорости распада в определенный отрезок времени с помощью соответствующих формул вычисляется возраст.

Многочисленные, тщательно проведенные определения возраста минералов и горных пород различными методами позволили Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций АН СССР создать геохронологическую шкалу (на апрель 1964 г.), приведенную в табл. 4. Из данных таблицы следует, что возраст земной коры около 4,5 млрд. лет. В настоящее время определяют главным образом абсолютный возраст магматических пород, а для осадочных пород чаще определяется относительный возраст, т. е. устанавливается, какие породы образовались раньше, какие позже.

Определить относительный возраст пород можно, например, по последовательности накопления слоев (стратиграфический метод), по сходству горных пород (петрографо-литологический), по органическим остаткам в горных породах (палеонтологический).

Стратиграфический метод основан на изучении соотношения слоев между собой, т. е. на соотношении изучаемого слоя с подстилающими и перекрывающими слоями. Выше расположенный слой при ненарушенном залегании отложен позже, чем нижерасположенный. Следовательно, нижерасположенный слой древнее перекрывающего его слоя. В связи с тем, что в природе часто первичное залегание слоев нарушено, применение стратиграфического метода ненадежно. Мало приемлем этот метод и при стратиграфической увязке ряда далеко расположенных разрезов, даже и при горизонтальном залегании пород.

Петрографо-литологический метод основан на изучении состава пород, слагающих данный разрез. Например, возраст известняков, из которых образовались галечники, известен. Следовательно, галечники будут моложе, чем известняки.

Палеонтологический метод, особенно в сочетании со стратиграфическим, является более надежным в определении относительного возраста горных пород. Он основан на изучении остатков животных организмов (фауны) и растений (флоры) в породах. Изучение остатков животных и растений, оставшихся от разложения, показало, что встречающиеся в ископаемом состоянии формы постепенно сменяются во времени новыми и новыми, причем в этой смене наблюдается определенный процесс прогрессивного развития организмов, начиная с самых низших форм, переходя к высшим, все более организованным группам организмов.

Изучение ископаемых остатков, сохранившихся в горных породах, дает возможность сравнивать горные породы независимо от условий залегания и их удаленности друг от друга и устанавливать их относительный возраст, так как в различных по возрасту породах заключены остатки различ-

Геохронологическая (стратиграфическая) шкала

Эпоха- тема	Эра (группа), млн. лет	Период (система), индекс, продолжительность и нижняя граница (в млн. лет). Для криптозоя подэры, надпериоды	Эпоха (отдел) индекс
Фанерозой	палеозойская (палеозой) РZ 310—335	четвертичный — Q (четвертичная) 0,7—1,8	голоцен (современный) — Q _{IV} поздняя (верхний) — Q _{III} средняя (средний) — Q _{II} ранняя (нижний) — Q _I
		0,7—1,8	плейстоцен
		неогеновый — N; (неоген) 25	плиоценовая (плиоцен) — N ₂ миоценовая (миоцен) — N ₁
		26±1	
		палеогеновый — P; (палеоген) 41	олигоценовая (олигоцен) — P эоценовая (эоцен) — P пaleоценовая (пaleоцен) — P
		67±3	
		меловой — K; (мел) 70	поздняя (верхний) — K ₂ ранняя (нижний) — K ₁
		137±5	
		юрская — J; (юра) 55—58	поздняя (верхний) — J ₃ средняя (средний) — J ₂ ранняя (нижний) — J ₁
		195±5	
		триасовый — T; (триас) 40—45	поздняя (верхний) — T ₃ средняя (средний) — T ₂ ранняя (нижний) — T ₁
		230±10	
		пермский — P; (пермь) 45	поздняя (верхний) — P ₂ ранняя (нижний) — P ₁
		285±10	
		каменноуголь- ный — C; (карбон) 65—70	поздняя (верхний) — C ₃ средняя (средний) — C ₂ ранняя (нижний) — C ₁
		350±10	
		девонский — D; (девон) 55—60	поздняя (верхний) — D ₃ средняя (средний) — D ₂ ранняя (нижний) — D ₁
		405±10	
		силурийский — S; (силур) 30—35	поздняя (верхний) — S ₂ ранняя (нижний) — S ₁

Эпоха-тема	Эра (группа), млн. лет	Период (система), индекс, продолжительность и нижняя граница (в млн. лет). Для криптоя подэры, надпериоды	Эпоха (отдел) индекс
Фанерозой	палеозойская (палеозой) РZ 310—335	440±15 ордовикский—O; (ордовик) 60—70 500±15 кембрийский—E; (кембрий) 70—80 570±30	поздняя (верхний) — O ₃ средняя (средний) — O ₂ ранняя (нижний) — O ₁
Криптоя	протерозойская (протерозой) PR около 2000	венд-терминальный рифей — V; 680±20 поздний — R ₃ 950±50 средний — R ₂ 1350±50 ранний — R ₁ 1650±50 средний протерозой — PR 1900±100 ранний протерозой — PR ₁ 2700±100 поздний архей — AR ₂ 3300—3500 ранний архей — AR ₁ 4500 (?)	
архейская AR 1500—2000			

П р и м е ч а н и е. По данным Г. Д. Степанова и С. И. Зыкова (1975) приводится несколько иная датировка рубежей периодов: N — 25 млн. лет, P — 66, K — 132, J — 185, T — 235, P — 280, E — 345, D — 400, S — 2435, O — 490, E — 570. М. А. Семихатова (1972) предлагает рассматривать в качестве эр рифей и афебий (объединяет ранний и средний протерозой), а протерозой поднять до ранга эона, противопоставляя его фанерозою и архею.

ных по совершенности развития организмов: в наиболее древних слоях заключены и наиболее примитивные организмы, в новейших отложениях — более высокоразвитые. Вся история развития земной коры разбита на отдельные подразделения, которые характеризуются существованием определенных групп растительных и животных организмов.

Однако не все организмы позволяют определить более или менее точно относительный возраст породы. Некоторые виды организмов долговечны; они жили многие миллионы лет, существенно не изменяясь, и встречаются поэтому в различных по возрасту слоях горных пород. Другие виды организмов быстро совершенствовались. Остатки их встречаются лишь в слоях, отложившихся в определенный отрезок времени. Такие ископаемые формы растений и животных называются руководящими. Породам определенного возраста свойствен определенный комплекс руководящих ископаемых, которые характеризуются недолговечностью (поэтому ограниченностью вертикального распространения) и широким горизонтальным распространением. На основании изученных руководящих ископаемых в слоях горных пород в различных участках земной коры составлена единая стратиграфическая шкала, в которой все отложения показаны в определенной последовательности. В соответствии со стратиграфической шкалой в 1840 г. составлена геохронологическая шкала, показывающая отрезки времени, на которые делится история развития земной коры. Позднее шкалы совершенствовались.

Глава 4

СВОДНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ) ШКАЛА ЗЕМНОЙ КОРЫ

Отложения, слагающие земную кору, в стратиграфической шкале подразделяются на пять групп: архейскую, протерозойскую, палеозойскую, мезозайскую и кайнозайскую. Группа — это наиболее крупное стратиграфическое подразделение толщ горных пород, каждой из которых по времени формирования соответствует эра.

Самая древняя, охватывающая наиболее ранние стадии развития земной коры, — архейская эра. Начало эры ориентировано 4,5 млрд. лет назад, а конец, как видно из табл. 4, определяется в 2 млрд. 700 млн. лет до наших дней. Продолжительность ее не менее 1500—2000 млрд. лет.

Протерозойская эра, начавшаяся 2 млрд. 700 млн. лет назад, длилась около 2 млрд. лет.

Древнейший этап геологической истории Земли (архейская и протерозойская эры) часто именуется докембрием. Расчленение и сопоставление пород докембраия осуществляются по петрографическим признакам, степени метаморфизма и угловым несогласиям между отдельными комплексами пород.

Палеозойская эра продолжалась около 335 млн. лет, мезозойская — 170 млн. лет.

Кайнозойская, или неозойская, эра, сменившая мезозойскую 70 млн. лет назад, продолжается и в наши дни.

Архейская и протерозойская эры объединяются в криптоэйский эон, характеризующийся бесскелетными организмами, а палеозойская, мезозойская и кайнозойская эры — в фанерозойский эон (греч. фанерос — явный, зое — жизнь), для которого характерны скелетные формы жизни.

В пределах эр выделяются более мелкие отрезки геологического времени — периоды (соответственно в группах — системы). Архейская и протерозойская эры имеют только местные подразделения, международная шкала для них не выработана. Палеозойская эра разбивается на шесть периодов (снизу вверх) — кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский; мезозойская — на три (снизу вверх): триасовый, юрский, меловой; кайнозойская — на три: палеогеновый, неогеновый, антропогеновый (четвертичный). В международной шкале кайнозойская эра делится на два периода: третичный и четвертичный. Из них первый объединяет палеогеновый и неогеновый, рассматриваемые в шкале СССР как самостоятельные.

Названия периодам палеозойской эры, кроме каменноугольного, даны по наименованию тех местностей, в которых впервые были описаны их осадки с характерными для них остатками организмов. Кембрийский период получил свое название от древнего названия Уэльса (Камбria). Силурийский — по древним племенам — силурам, населявшим Уэльс. Девонский — по имени одного из графств Англии — Девоншир, пермский — от г. Перми и т. п. Каменноугольный период назван так потому, что именно в это время впервые в истории Земли появилась богатая растительность, давшая начало каменноугольным месторождениям.

Триас значит тройной. Отложения этого периода мезозоя по составу горных пород резко делятся на три различных отдела. Название второго периода мезозоя происходит от Юрских гор в Восточной Франции, где соответствующие отложения были впервые описаны. Меловой период назван так потому, что в это время впервые в истории Земли накопились в больших количествах отложения чистого мела.

Название периодов кайнозойской (неозойской) эры установлено по характеру развития животного мира этой эры.

В палеогеновом периоде (греч. палеос — древний, генос — род) мы встречаем остатки позвоночных млекопитающих, совершенно вымерших. Позвоночные неогена по своему развитию уже более или менее приближаются к современным млекопитающим (греч. неос — новый). И наконец, антропогеновый период характеризуется появлением человека (греч. антропос — человек). Периоды делятся на более мелкие подразделения — эпохи, так как развитие органического мира не прекращалось и в пределах одного периода.

Та толща осадков, которая отложилась в течение определенной эпохи жизни Земли, получила название отдела (местные стратиграфические шкалы включают в себя более мелкие подразделения — серия, свита, подсвита, пачка и т. д.).

Приведенные выше крупные возрастные и стратиграфические подразделения (эры — группы и периоды — системы), как правило, обозначаются на разнообразной геологической графике и в текстах сокращенно, индексами — первыми буквами латинского названия данного подразделения или первой буквой названия и ближайшей согласной в этом названии. В 1970 г. индексы из двух букв заменены одной или значками (например, Сг на К, Сп на Е, Pg на Р).

Более мелкие, чем период, стратиграфические единицы обозначаются при помощи цифр, пишущихся сбоку индекса соответствующего периода (системы). Так, индекс каменноугольной системы — С, индекс его нижнего отдела — С₁. Если отдел делится далее на ярусы или свиты, последние обозначаются в нашем примере — С₁¹, С₁², С₁³ и т. д., причем цифры соответствуют последовательности отложения толщи, т. е. С₁² моложе С₁¹. Индексация эр, периодов и деление их на отделы даны в табл. 4.

Сопоставляя с этой международной стратиграфической шкалой конкретные разрезы, можно установить возраст слагающих их пород и восстановить историю развития района.

Все необходимые сведения по истории развития исследуемого района геолог получает путем тщательного изучения горных пород, слагающих данный район. Он составляет для последнего стратиграфическую колонку, в которой указываются возраст пород, встреченные в них окаменелости, так как они указывают на физико-географическую обстановку формирования горных пород и т. п. Пример сводной стратиграфической колонки дан в разделе «Геологические карты и разрезы». Анализируя стратиграфическую колонку, можно установить те геологические события, которые имели место в этом районе, и время их возникновения, т. е. воссоздать историю изменения физико-географических условий.

Раздел III

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ

Геологическая (геолого-стратиграфическая) карта отражает общее геологическое строение местности. Она представляет собой уменьшенную в определенном условном масштабе вертикальную проекцию выходов коренных (до четвертичных) пород на поверхность или под покров четвертичных отложений. Последние на геологических картах вследствие того, что они тонким чехлом покрывают почти всю поверхность земли и скрывают подстилающие их коренные породы, на карте не показываются. Как исключение они показываются лишь в тех областях, где мощность их довольно большая (Прикаспийская впадина) или же в настоящее время происходит их энергичное накопление (речные долины). Четвертичные отложения изображаются на особых (целевых) картах — картах четвертичных отложений.

При составлении геологических карт применяется стандартная международная расцветка, установленная для различных геологических подразделений.

Цветная шкала, ныне применяющаяся, была разработана А. П. Карпинским на основании шкал, существовавших ранее, и принята в 1881 г. II Международным геологическим конгрессом. В соответствии с этой шкалой с дополнениями принято системы слоев осадочных толщ обозначать следующими цветами: кембрийская — сине-зеленым (темный), ордовикская — оливковым, силурийская — серо-зеленым, девонская — коричневым, каменноугольная — серым, пермская — оранжево-коричневым, триасовая — фиолетовым, юрская — синим, меловая — зеленым, палеогеновая — оранжево-желтым, неогеновая — желтым, антропогеновая (четвертичная) — желтовато-серым.

На цветном поле карты проставляются стратиграфические индексы; индексы ставятся и на цветном поле условных обозначений (легенды) к карте. Условные обозначения

отделов той или иной системы даются в виде различной интенсивности окраски того цвета, который присвоен данной системе; чем древнее отдел, тем интенсивнее окраска.

Метаморфические породы протерозойского возраста красятся в розовый цвет, архейского — в сиренево-розовый.

Изверженные породы независимо от возраста обозначаются яркими тонами следующих цветов, а на цветном фоне ставится индекс породы: граниты, сиениты — γ (гамма) — красный, габбро — ν (ню) — темно-зеленый, порфириты — α (альфа) — зеленый, перidotиты, пироксениты — σ (сигма) — темно-фиолетовый, трахиты — τ (тау) — оранжевый, базальты — β (бетта) — темно-зеленый, андезиты — μ (мю) — зеленый.

Если известен возраст магматических пород, то на цветном поле их распространения ставится возрастной индекс после индекса породы (например, ν AR).

Петрографический состав породы обычно изображается с помощью штрихов. Геологические карты, на которых изображены стратиграфия и литология, называются литологостратиграфическими.

На детальных геологических картах часто ставят индексы, обозначающие фациальный состав пород: морские отложения — m, озерные отложения — l, речные — a, ледниковые — g и т. п. Ставятся эти буквы перед обозначением системы (gQ₁).

На геологические карты (особенно на детальные) наносят тектонические разломы, разрывы, элементы залегания слоев и другие геологические данные.

При составлении легенды придерживаются определенного условного порядка. Условные обозначения возрастных подразделений осадочных, метаморфических и эфузивных толщ располагаются сверху вниз или слева направо, от молодых к более древним. После них даются условные обозначения интрузивных пород в том же возрастном порядке. Затем помещаются объяснения всех других геологических данных, указанных на карте. На картах масштаба крупнее 1 : 100 000 из-за большого количества местных более дробных подразделений толщ приходится в той или иной мере отступать от международных обозначений, но порядок условных обозначений сохраняется обязательно.

Глава 5

ЧТЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

По очертанию выходов пород различных систем, изображенных на карте, и по их взаимному расположению можно составить впечатление о геологических структурах, разви-

тых на данном участке земной коры, времени их образования, о структурных этажах и истории геологического развития этого участка. При этом надо помнить, что геологическая карта является двумерным плоскостным изображением трехмерных объемных геологических структур земной коры, поэтому очертания выходов пород и взаимное расположение их в природе (зависящее не только от геологического строения, но и от рельефа) будут иными, чем на геологической карте. Это позволяет представить, как сочетаются на карте различно лежащие слои с рельефом данной местности.

При горизонтальном залегании слоев и горизонтальном нерасчлененном рельефе местности карта будет представлять сплошное поле, закрашенное одним цветом, присвоенным слою, занимающему самое верхнее положение в толще горизонтально лежащих слоев. Рельеф на карте такой местности будет представлен полем без горизонталей. При горизонтальном залегании слоев, но расчлененном рельефе местности изображение на карте будет уже иное. В случае, если овраги, расчленяющие местность, молодые и развиваются свои долины еще в верхнем слое, на карте это получит свое отражение лишь в горизонталях. Если овраги или речные долины обнажили породы нижележащих слоев горизонтально наслойной толщи, то нижележащие слои уже получат отображение не только в рельефе, но и на геологической карте. Причем чем ниже залегает слой на местности, тем с меньшей отметкой участок будет соответствовать ему на карте. Самые древние слои изобразятся на карте в участках, ограниченных горизонталями с наименьшими абсолютными отметками, а самые молодые — на участках, ограниченных горизонталями с наибольшими отметками. Следовательно, в последнем случае основная площадь будет закрашена цветом ближайшего к поверхности слоя и только вдоль тальвега будут проявляться полосы более древних пород. Граница слоев на карте пройдет параллельно горизонталям рельефа (рис. 8). В таком случае по геологической карте можно легко установить мощность слоев и последовательность их накопления, а для иллюстрации этой последовательности составить геологическую (стратиграфическую) колонку местности.

Стратиграфическую колонку рекомендуется составлять для района с любым залеганием слоев, чтобы дать наглядное представление о том, породы какого возраста развиты в районе, о последовательности их залегания, литологическом составе, мощности. Для района, изображенного на геологической карте (см. рис. 8), литолого-стратиграфическая колонка будет выглядеть так, как это показано на рис. 9 (волнистая линия — перерыв в отложениях). В стратиграфической колонке отмечают встречающуюся в каждом слое фау-

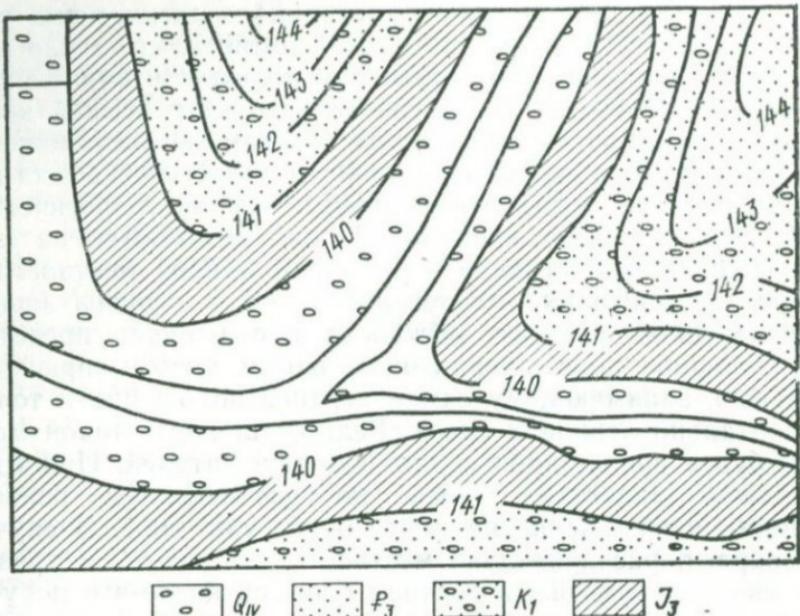


Рис. 8. Геологическая (стратиграфическая) карта района, сложенного горизонтально лежащими слоями

Геологический возраст			Литолого-геологический разрез	Мощность, м	Краткое описание пород
Система (период)	Отдел (эпоха)	Индекс			
Четвертическая	Современный	Q_{IV}	Open circles	1,90	галечник хорошо отсортирован, крупный, галька из известняка
Палеогеновая	Верхний	P_3	Dots	2,0	песок белый, мелководнистый, кварцевый
Меловая	Нижний	K_1	Dashed circles	2,0	глина черная, в верхней части песчаная, ниже - тонкая
Юрская	Верхний	J_3	Hatched	1,2	глина мергелистая, серого цвета, плотная

Рис. 9. Стратиграфическая колонка района, изображенного на карте (см. рис. 8)

ну, а иногда также дают характеристику подземных вод и т. п. Стратиграфическую колонку монтируют на одном листе с геологической картой, помещая ее слева от карты.

На геологической карте слои, «стоящие на головах» (вертикально), изображаются в виде сменяющих друг друга полос, которые тянутся по простирации слоев.

При наклонном залегании слоев и горизонтальном нерасчлененном рельфе местности (рис. 10) слои на карте также изображаются в виде полос, сменяющих друг друга в сторону падения от более древних к более молодым; полосы тянутся здесь, так же как и в предыдущем случае, по простиранию слоев. В случае расчлененной местности, сложенной наклонными пластами, она будет на геологической карте изображаться по-разному в зависимости от направления падения слоев и направления уклона расчленяющих местность долин. Соответственно и соотношения границ слоев на карте и изображенных на ней горизонталей могут быть различны. В случае падения слоев в сторону уклона местности, но с меньшим углом, изгибы горизонталей и границ слоев на геологической карте будут направлены в одну сторону. При более крутом падении слоев по сравнению с уклоном рассекающих местность долин горизонтали и границы слоев на карте будут изогнуты в противоположные стороны. Местность, сложенная слоями, собранными в линейные прямые складки, изображается на карте в виде длинных полос, симметрично повторяющихся относительно центральной, непарной полосы, соответствующей слою, лежащему в центральной части складки. Если непарная полоса на карте будет представлена самым молодым слоем на местности, то на карте будет изображена синклиналь, а непарный слой — ее ядро. В случае, если непарная полоса на карте будет представлена самым древним слоем на местности, то, следовательно, на карте изображена антиклиналь, а непарный слой будет соответствовать ядру антиклинали. В случае брахискладок полосы на карте замыкаются в виде эллипсов. Контуры слоев при складчатом залегании пересекутся с горизонталями.

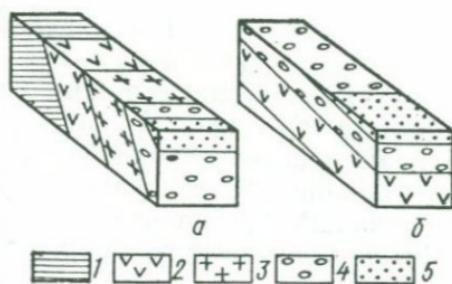


Рис. 10. Блок-диаграммы моноклинально залегающих слоев:
а — крутопадающие; б — пологопадающие; 1 — юрская система; 2 — меловая система; палеогеновая система; 3 — нижний отдел; 4 — средний отдел; 5 — верхний отдел

При наличии на местности разрывных нарушений следует учитывать падение и простирание слоев в лежачем и висячем крыльях (крыло устанавливается по возрасту со-прикасающихся по разрыву пород), а также простирание и падение сбрасывателя; по карте можно установить и наклон сбрасывателя. Если сбрасыватель вертикальный, то на геологической карте как при нерасчлененном, так и при расчлененном рельфе он будет выражен в виде прямой линии; в случае наклонного залегания на карте при нерасчлененном рельфе также в виде прямой линии, а при расчлененном — ломаной. Причем чем больше рельеф расчленен, тем линия больше изломана. Для определения направления падения надо мысленно построить на карте треугольник из зигзага сбрасывателя, тогда вершина треугольника в речной долине будет направлена по падению сбрасывателя, а на водоразделах плоскость падения сбрасывателя будет направлена параллельно перпендикуляру, опущенному из вершины к основанию треугольника.

Читая геологическую карту, можно установить, согласно или несогласно залегают слои в той местности, которая изображена на карте. При согласном залегании слоев границы выхода на карте будут параллельны; в случае наличия углового несогласия границы слоев на карте пересекаются между собой и одна серия слоев как бы срезает другую. На основании установления возраста проявления складчатостей можно выделять структурные этажи. Параллельные несогласия также можно проследить в случае налегания молодых пород на более древние.

Глава 6

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Для наглядного представления о соотношении слоев в пространстве геологические карты сопровождаются геологическими разрезами. Геологические разрезы по заданным линиям могут быть составлены:

1. На основании послойного описания обнажений горных пород в бортах речных долин, озерных котловин и по берегам морей (рис. 11).

2. На основании послойного описания горных пород, вскрытых расчистками, колодцами, шурфами, скважинами.

3. На основании геологической карты (рис. 12, а). При построении геологического разреза по геологической карте необходимо:

а) провести по карте линию геологического разреза с таким расчетом, чтобы она пересекала возможно большее



Рис. 11. Геологический разрез по обнажениям горных пород в склонах речных долин

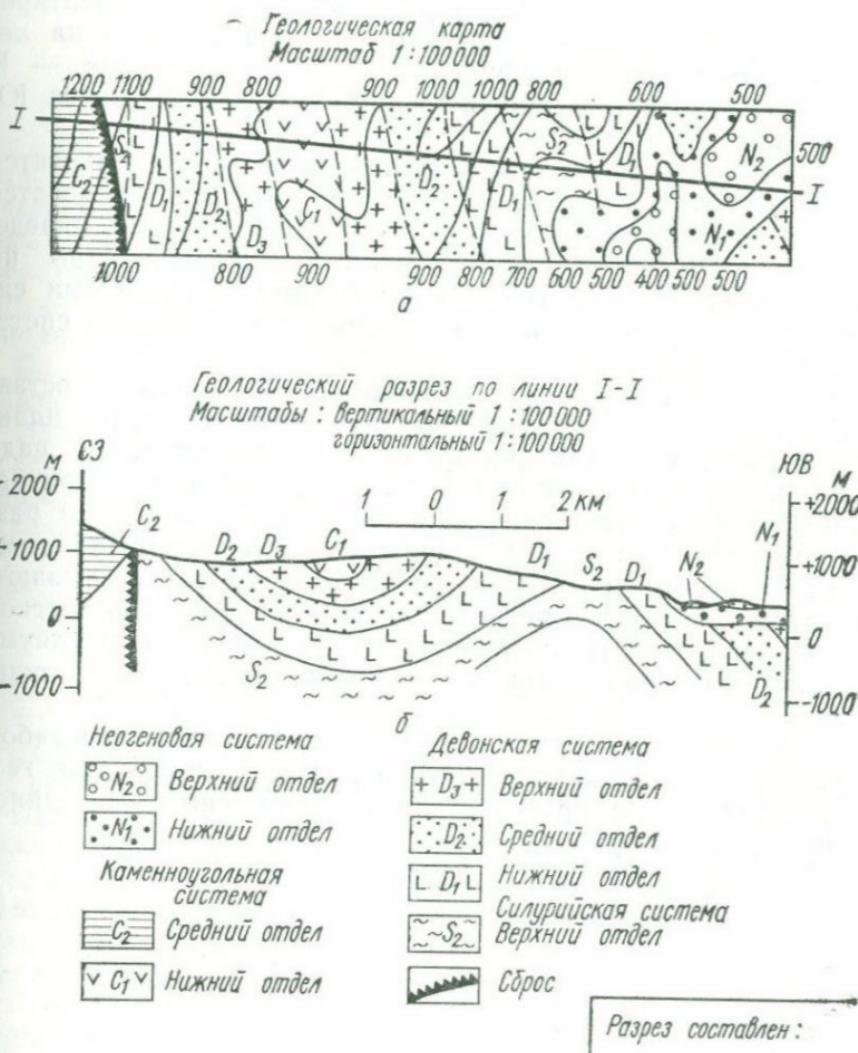


Рис. 12. Принципы построения схематического геологического разреза по геологической карте: а — геологическая карта; б — геологический разрез

количество различных слоев, изображенных на карте; ли-
нию на карте обозначают цифрами I—I, II—II или буква-
ми А—Б; В—Г и т. д.;

б) составить по выбранному направлению топографиче-
ский профиль в соответствии с топографической основой
геологической карты (как это рекомендуется в курсе геоде-
зии); горизонтальный и вертикальный масштабы берутся
равными масштабу карты; в случае горизонтального или
слабонаклонного залегания слоев вертикальный масштаб
в целях наглядности для этого участка (только!) увеличи-
вается в 2—4 раза; разрез всегда должен быть ориентиро-
ван; если разрез взят в широтном направлении, то на ле-
вом его конце ставится буква З (запад), на правом — В
(восток), а если в меридиональном, на левом ставится Ю,
на правом — С;

в) на топографический профиль карандашом наносятся
границы выхода слоев разного возраста (границы наносятся
на ось абсцисс), а затем из точек, соответствующих опреде-
ленным границам, восстанавливаются перпендикуляры на
линию профиля, где границы закрепляются индексами си-
стем, а еще лучше — непосредственно цветом данной систе-
мы;

г) определить условия залегания слоев путем сопостав-
ления выхода пород с рельефом местности. В случае нали-
чия данных, указывающих на складчатое залегание, надо
найти непарные слои и от них начинать построение; при на-
личии на карте данных об элементах залегания слоев раз-
рез строится с их учетом; все геологические границы на
разрезах (в том числе и несогласное залегание) указывают-
ся сплошной линией, несмотря на то, что на геологических
картах границы стратиграфических несогласий даны двумя
линиями (внешняя — тонкая сплошная, внутренняя — пунк-
тирная);

д) разрез сопроводить линейным и числовым масштабом
и условными обозначениями (в порядке, принятом для гео-
логических карт); другие стороны оформления — надпись
и подпись см. на рис. 12.

Раздел IV

ОСНОВЫ ПАЛЕОНТОЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Глава 7

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

§ 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ. ЗНАЧЕНИЕ ПАЛЕОНТОЛОГИИ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Палеонтологией называется наука, изучающая органический мир, существовавший на протяжении геологической истории. Она занимается всеми вопросами, касающимися свойств, систематического положения, родства и происхождения, образа жизни, распространения и последовательности организмов во времени, выясняет историю, закономерности и причины развития органического мира.

Слово «палеонтология» в переводе с греческого языка означает учение о древних организмах.

Изучение органического мира прошлого основывается на исследовании остатков древних животных и растений, называемых окаменелостями, или ископаемыми. Ископаемые остатки животных и растений сохраняются главным образом в осадочных породах (в виде скелетов и их частей, отпечатков, следов ползания, хождения, сверления, зарывания и т. д.) и очень редки в вулканогенных и метаморфических.

В современном органическом мире насчитывается свыше 1 500 000 видов, из которых многие виды представлены огромным числом индивидуумов. Но в ископаемом состоянии сохраняется только весьма незначительная их часть.

Палеонтология состоит из двух крупных разделов — палеозоологии и палеоботаники. Палеозоология изучает животный мир геологического прошлого и разделяется на палеозоологию беспозвоночных и палеозоологию позвоночных. Палеоботаника изучает мир растений прошлых геологических эпох.

Палеонтологию в настоящее время относят к циклу биологических наук. Она тесно связана с зоологией, ботаникой и другими биологическими дисциплинами, так как изучение органического мира прошлого невозможно без знания современных животных и растений. Поскольку современная палеонтологическая наука не ограничивается морфологиче-

ским изучением ископаемых остатков, а стремится всесторонне изучить органический мир различных периодов истории Земли, она в своем развитии все более приближается к биологии организмов геологического прошлого.

Палеонтология в свою очередь является фундаментом для ряда биологических дисциплин, изучающих современный органический мир.

Палеонтология имеет одно огромное преимущество перед биологией. Будучи исторической наукой, она оперирует фактами, располагающимися в хронологическом порядке, и может изучать непосредственно ход эволюции органического мира. Без палеонтологии невозможно было бы восстановить историю развития отдельных групп организмов, их филогению. Не менее важны данные палеонтологии для выяснения приспособляемости организмов к условиям существования и установления формообразующих факторов, под воздействием которых шло развитие тех или иных групп.

Таким образом, палеонтологическая летопись позволяет решать многие важные биологические вопросы, не поддающиеся освещению на основе изучения только современных живых организмов. Палеонтология сделала много для развития некоторых основных положений теоретической биологии, для разработки вопросов дарвинизма как общего учения о развитии живой природы. Этим она оказала большое влияние на развитие биологической науки в целом.

Палеонтология тесно связана также с циклом геологических наук, поскольку историческое развитие органического мира, его темпы, направления и все особенности развития находятся в зависимости от истории развития Земли, изменения климата, тектонических движений, рельефа и т. д.

С другой стороны, развитие целого ряда геологических дисциплин, таких, как стратиграфия, историческая геология, региональная геология, литология, наука о полезных ископаемых, невозможно без учета данных палеонтологии. Так, геологическая хронология и периодизация геологической истории основаны на палеонтологических данных. Палеонтологический метод в стратиграфии был и до сих пор остается, несмотря на успехи абсолютной геологической хронологии, важнейшим и основным методом определения геологического возраста горных пород и стратиграфической параллелизации (корреляции) геологических образований.

Палеонтология оказывает геологии помочь в выяснении климатических и иных физико-географических условий, существовавших в различные моменты геологической истории, а также условий осадконакопления. Кроме того, многие органические остатки послужили исходным материалом для образования ряда полезных ископаемых (нефти, угля, осадочных железных руд и многих других), поэтому палеон-

тология занимает определенное место и в развитии науки о полезных ископаемых.

Основные законы исторического развития органического мира могут быть сведены к следующим положениям.

1. Эволюция органического мира — процесс направленного развития от простых форм ко все более сложным.

2. Эволюция организмов в целом, как и вообще всякое развитие, — процесс необратимый (принцип Л. Долло).

3. Эволюция в целом, вероятно, монофилетична, т. е. развитие происходило от одного общего корня при все возрастающем расхождении (дивергенции) эволюционирующих ветвей.

4. Историческое развитие органического мира происходит в результате возникновения новых видов на основе индивидуальной изменчивости и вследствие естественного отбора. Эволюционные изменения являются приспособлениями к изменяющимся условиям среды.

5. Эволюция организмов всегда сопровождается дифференциацией частей и органов: первоначально однородные части организма дифференцируются и специализируются на выполнении определенной функции.

6. Биогенетический закон устанавливает соотношение между индивидуальным развитием особи (онтогенезом) и развитием групп особей (филогенезом).

§ 2. ОРГАНИЗМ И СРЕДА. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ В МОРЯХ И НА СУШЕ

Эволюция всегда является процессом приспособления организмов к условиям их существования. Если условия эти изменяются, соответственно изменяются и организмы, приспособляясь к новым условиям. Организмы, не приспособившиеся к новым условиям, вымирают.

Для осуществления основных жизненных процессов каждого организма, как-то: обмена веществ, роста, размножения — всегда требуются определенные условия существования. Комплекс условий существования, необходимых для жизни того или иного организма или группы организмов, называется средой существования.

Среда складывается из неорганических (абиотических или физико-химических) и органических (биотических или биологических) факторов. К первым относятся физико-химическая обстановка места обитания, например температура, химизм воды, глубина моря и особенности осадконакопления в нем, характер рельефа, климата и другие факторы, ко вторым — влияние совместно живущих организмов друг на друга.

Вопросы взаимоотношения современных организмов с окружающей их средой, как живой, так и неживой, изучает наука, которая называется экологией. Наука, изучающая условия существования организмов, остатки которых встречаются в ископаемом состоянии, носит название палеоэкологии.

Участок суши или водного бассейна, характеризующийся определенным сочетанием физико-химических и биотических условий, называется биотопом. Сообщество организмов, которое населяет биотоп, т. е. связано общими местом и условиями обитания, называется биоценозом.

Каждому организму или группе организмов свойствен определенный участок среды, или местообитание, которое по существу является частью биотопа и отражает те условия существования, к которым приспособлены данные организмы. Местообитание, полностью отвечающее требованиям той или иной жизненной формы и включающее наиболее благоприятные условия существования для какой-либо группы организмов, называется экологической нишей.

Современный органический мир весьма богат и разнообразен. Населенная им часть называется биосферой. Она охватывает воздушную оболочку — атмосферу (до некоторой высоты), водную оболочку — гидросферу, поверхность суши и на некоторую глубину проникает в каменную оболочку — литосферу. Глубина эта небольшая и ограничивается главным образом почвенным слоем, где, в частности, весьма обилен мир бактерий.

Органический мир распространен весьма неравномерно в пределах названных оболочек. В основном это водные организмы, распространенные в морях, океанах, реках, озерах, и наземные — живущие преимущественно на поверхности суши. Часть наземных организмов проникает в атмосферу, однако ни один организм не приспособлен к существованию только в воздушной среде.

В водной морской среде особенно разнообразен животный мир, а растительный мир однообразен. На суше растительный мир так же разнообразен и богат, как и мир животный.

Все водные организмы по активности и характеру местообитания подразделяются на три большие группы — планктон, нектон и бентос.

Планктон (пассивноплавающие) составляют организмы обычно мелкие, или микроскопические, живущие во взвешенном состоянии в толще воды. К планктонным организмам принадлежат водоросли: зеленые, сине-зеленые, диатомовые; некоторые фораминиферы, радиолярии; личинки донных организмов; кишечнополостных, мшанок, моллюсков, брахиопод, иглокожих и др.

Нектон (активноплавающие) — организмы, способные активно передвигаться в толще воды. К нему относятся все морские позвоночные, а из беспозвоночных практически только головоногие моллюски.

Бентос — организмы, живущие на дне моря. Среди бентосных форм некоторые способны активно плавать у дна, например раки; другие свободно ползают на дне — морские ежи, морские звезды, ракообразные, моллюски — это подвижный бентос. Многие донные организмы принадлежат к сидячему бентосу: они или лежат на дне (двусторонки), или прикрепляются мягкой ножкой (плеченогие), или пристают ко дну (кораллы, губки, мшанки и др.). Кроме того, некоторые организмы зарываются в мягкий грунт или высовываются из норок в каменном дне.

По характеру условий существования донных организмов в зависимости от глубины морской бассейн разделяется на следующие три вертикальные области: неритовую, батиальную и абиссальную. Выделяется также четвертая область — пелагическая для толщи морской воды в открытом море.

Неритовая область — это область материковой отмели, представляющая как бы залитую морем часть поверхности суши. Неритовая область разделяется на зону литорали и зону сублиторали.

Литораль — узкая полоска вдоль берега, которая обнаруживается во время отлива и покрывается водой во время прилива. Жизнь литорали обильна и разнообразна. Скопление на литорали большого количества органического детрита, поступающего с суши, обеспечивает обильное развитие водорослей, которые в свою очередь создают благоприятные условия для жизни многих животных: фораминифер, червей, моллюсков, иглокожих и др.

Сублитораль — это та часть морского дна неритовой области, которая постоянно покрыта водой. Обычно ее нижнюю границу проводят по исчезновению растений (около 200 м). Сублитораль характеризуется обилием света, изменчивой температурой, активным движением воды. Сублитораль — основная область донного бентоса. В ней распространены водоросли и множество животных: моллюсков, червей, мшанок, ракообразных и др.

Батиальная область — это область материкового склона, охватывающая участок дна от края континентального плато до глубины 2000—2500 м. В этой области температура постоянна, свет проникает только в самые верхние части, жизнь довольно однообразная, преобладают хищные и плотоядные организмы, растения отсутствуют.

Абиссальная область — это область, охватывающая толщу воды от 2000—2500 м до ложа Мирового океана и глуб-

боководных впадин. Здесь развиты осадки биогенного происхождения: птероподовые, диатомовые и радиоляриевые илы. Для абиссальной области характерны полное отсутствие солнечного света, постоянные температура (от —2 до 2°) и соленость воды, громадное давление. В абиссальной области живут моллюски, брахиоподы, костные рыбы, губки и др.

Распределение организмов в водной среде зависит в первую очередь от солености, т. е. количества солей, растворенных в одном литре воды, которое измеряется единицами, называемыми промилле (%). Океаны и открытые моря, соленость которых составляет 33—35%, называются нормальносолеными. Для морей, имеющих затрудненную связь с океанами и большой приток пресных вод, характерна соленость воды обычно ниже нормальной (Черное море около 18%). Бассейны с соленостью воды от 24,5 до 5% называются солоноватоводными, а с соленостью меньше 5% — пресноводными.

Другие факторы среды — температура, подвижность воды, количество распространенного в воде кислорода, характер грунта — также играют важную роль в распространении водных организмов. Знание всех этих факторов позволяет полнее изучить экологию организмов прошлых геологических эпох и восстановить физико-химические условия бассейнов прошлого.

На суше условия жизни организмов более разнообразны, чем в океане. Одна часть животных и растений обитает на поверхности земли, другая — в различного рода водоемах (реках, озерах, болотах).

В распространении животных и растений на суше большую роль играют не только физико-географические условия, но и происхождение и историческое развитие органической жизни данной области. Наличие всякого рода географических препятствий (пустыни, горные цепи, широкие реки и озера и др.) оказывает большое влияние на развитие и распространение организмов.

Органический мир суши, как и моря, обилен и разнообразен, но значительно отличается от органического мира морей и океанов. Наибольшее развитие на суше имеют позвоночные, насекомые и высшие, стебленосные растения.

На распространение высших растений оказывает влияние целый ряд географических факторов: распределение атмосферных осадков по временам года, температура воздуха и почвы, количество света, почва, из которой растения добывают воду и минеральные вещества, идущие на синтез органических соединений.

По распространению главным образом птиц, млекопитающих и высших растений в настоящее время можно вы-

делить несколько зон и физико-географических областей. К ним относятся тундры, зимнезеленые хвойные леса, летнезеленые лиственные леса, степи, пустыни, тропические леса и др.

С распространением соответствующих растительных сообществ связаны развитие и распространение определенных групп животных и в первую очередь позвоночных.

§ 3. СОХРАНЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ В ИСКОПАЕМОМ СОСТОЯНИИ

Организмы после смерти под влиянием различных процессов легко разрушаются, и поэтому их ископаемые остатки обычно сохраняются плохо. Только при исключительно благоприятных условиях возможна хорошая сохранность организмов, в почти неизмененном виде, например во льду или в замерзшей почве находят целые трупы мамонтов, в асфальте и озокерите — носорогов, птиц, в янтаре — насекомых и т. д.

После смерти и захоронения организмов остатки их превращаются в окаменелости в результате одного из следующих процессов: тления, обугливания, перекристаллизации или окаменения.

Тление представляет собой процесс полного разложения тела организма (мягких и скелетных частей), происходящий в условиях свободного доступа воздуха, при этом полностью разрушаются все углеродистые и азотистые соединения. В качестве разновидности процесса тления можно рассматривать разложение мертвых организмов под воздействием бактерий или разложение этих остатков в результате выветривания. Поэтому организмы, подвергавшиеся процессу тления или гниения, как правило, не оставляют следов в горных породах.

Обугливание — процесс химического восстановления, протекающий под водой при ограниченном доступе кислорода. Этому процессу подвергаются главным образом растения. Постепенное обугливание остатков растений ведет к преобразованию их в торф, лигнит, бурый или каменный уголь. Обугливанию при соответствующих условиях могут подвергаться и хитиновые покровы или скелеты животных (насекомых, ракообразных, граптолитов).

Окаменение — процесс, при котором различные минеральные вещества, растворимые в воде (карбонаты, кремнезем, сернистое железо), проникают во все пустоты и заполняют их или же замещают собой вещества, первоначально содержащиеся в органических остатках. Так, известковые раковины могут быть замещены кремнеземом, кремне-

вые скелеты радиолярий — кальцитом. Во время процесса окаменения часто происходит образование псевдоморфоз, когда минеральное вещество, заместившее первоначальное, нередко полностью воспроизводит ее строение.

В результате окаменения могут образовываться отпечатки и так называемые ядра. Отпечаток передает особенности строения какой-либо части поверхности тела и часто является более или менее плоским. Иногда в горной породе образуются отпечатки совершенно мягких морских организмов, лишенных скелета. Ядро есть минеральное образование, передающее форму всего организма или какой-либо части его. При заполнении внутренней полости раковины моллюска или плеченогого (первоначально занятой мягкими частями) каким-либо минеральным веществом, обычно тонкозернистым осадком (например, илом), может получиться слепок, или отлив внутренней полости этой раковины. Если затем раковина уничтожается вследствие растворения, то остается лишь отвердевший слепок, который в этом случае называется внутренним ядром. Если же минеральное вещество занимает полость, образованную после растворения раковины, то оно воспроизводит все детали формы наружной поверхности раковины и поэтому называется наружным ядром. Очень часто остатки головоногих, брюхоногих, двустворчатых моллюсков, ракообразных и других организмов в ископаемом состоянии представлены наружным ядром, но и такая степень сохранности ископаемых остатков позволяет достаточно полно изучить строение скелетных элементов и восстановить особенности мягких органов. Иногда в ископаемом состоянии встречаются не остатки самих организмов, а лишь следы их жизнедеятельности: следы ползания (черви, членистоногие, моллюски), хождения (наземные позвоночные), сверления и зарывания (моллюски, черви и др.).

§ 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА. НЕКОТОРЫЕ ПРАВИЛА ПРОИЗНОШЕНИЯ ЛАТИНСКИХ НАЗВАНИЙ

Наука о классификации организмов носит название систематики, или таксономии. В результате упорной работы на протяжении многих десятилетий была создана естественная классификация органического мира.

Естественная, или филогеническая, классификация органического мира в противоположность искусственным строится на основе родственных отношений между организмами. Естественная классификация имеет огромное преимущество перед искусственными, основанными обычно на одном произ-

вольно выбранном признаке или их комплексе, потому что она базируется на принципах эволюционного развития организмов, на признании единства органического мира и общих законов его развития. Основная задача систематики — распределение организмов по группам и расположение всех таксономических категорий в определенной системе, правильно отражающей развитие организмов во времени и пространстве.

Основателем научной систематики был шведский ученый Карл Линней (1707—1778). Он впервые систематизировал весь зоологический, ботанический и палеонтологический материал и ввел так называемую биноминальную (бинарную) номенклатуру, согласно которой каждый вид получает двойное название — родовое и видовое. Например, *Homo sapiens* L. Первое слово — название рода, второе — название вида. За видовым названием следует фамилия автора (или авторов), впервые установившего и описавшего данный вид (L. — принятое сокращение фамилии Линнея). Все три слова пишутся на латинском языке.

Основной систематической единицей является вид. Вид — группа особей, достаточно сходных по своим признакам, обитающих на единой территории и отличающихся качественно от другой близкой группы особей (т. е. от другого вида) по морфологическим, физиологическим, экологическим и другим признакам.

Вид не абсолютно постоянная категория, природа его изменяется в результате неоднородной наследственности особей вида, которая проявляется во взаимодействии с различными условиями среды. В результате преобразования наследственной структуры одного вида возникает другой, и это возникновение новых видов на основе предшествующих им предковых видов представляет собой важную ступень в историческом развитии органического мира.

Каждый вид обладает определенной амплитудой изменчивости и определенными нормами реакций на воздействия условий среды. Преобразование видов во времени происходит неравномерно.

Виды объединяются в роды, роды — в семейства, семейства — в отряды (в ботанике порядки), отряды — в классы, классы — в типы. Кроме основных подразделений приняты еще и промежуточные — надтипы, подтипы, надклассы, подклассы, надотряды и т. д.

Весь органический мир подразделяется на две группы, резко различающиеся по образу жизни и строению тела, но объединенные общностью происхождения: растительный и животный мир.

Животный мир делится на следующие основные типы:
1) простейшие, 2) губки, 3) археоциаты, 4) кишечнополост-

ные, 5) черви, 6) моллюски, 7) членистоногие, 8) мшанки, 9) брахиоподы, 10) иглокожие, 11) полухордовые, 12) хордовые. Все типы животного царства, за исключением хордовых, объединяются под общим названием беспозвоночных, а хордовые — позвоночных.

Растительный мир разделяется на следующие основные типы: 1) бактерии, 2) водоросли, 3) грибы, 4) лишайники, 5) псилофитовые, 6) моховидные, 7) плауновидные, 8) членистостебельные, 9) папоротниковые. Бактерии, водоросли, грибы и лишайники объединяются в группу низших растений, а все остальные — в группу высших растений.

Как уже отмечалось, каждый вид имеет двойное название (бинарную номенклатуру) — родовое и видовое, а за видовым названием следует фамилия автора. Все эти три названия пишутся на латинском языке. При чтении латинских названий часто возникают трудности, поэтому целесообразно привести некоторые правила произношения латинских названий.

Латинский алфавит

Aa — а	Ii — и	Qq — к
Bb — б	Jj — ѹ	Rr — р
Cc — ц, к	Kk — к	Ss — с, з
Dd — д	Ll — ль	Tt — т
Ee — э	Mm — м	Uu — у
Ff — ф	Nn — н	Vv — в
Gg — г (русское)	Oo — о	Xx — кс
Hh — г (украинское)	Pp — п	Yy — и
		Zz — з, ц

С, с перед звуками е, і, у произносится как ц, в остальных случаях как к: *cephalopoda* — цефалопода, *staniūm* — краниум (череп).

Q, q всегда сочетается с буквой и и произносится как кв: *aqua* — аква (вода).

S, s в середине слова между двумя гласными произносится как з: *rosa* — роза (роза).

Сочетание ae произносится как русское э: *archaeocyatha* — археоциаты (археоциаты), oe — как е: *coelenterata* — целентерата (кишечнополостные); au — как ау (с кратким у): *aulos* — аулос (трубка); eu — как эу (с коротким у): *teuthis* — тэутис (кальмар).

Сочетание ch произносится как х: *chordata* — хордата (хордовые); ph — как ф: *cephalopoda* — цефалопода (головоногие); rh — как р: *rhodophyta* — родофита (красные или багряные водоросли); th — как т: *anthozoa* — антозоя (коралловые полипы); sch — как сх: *schema* — схема.

Глава 8

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

§ 1. ТИП ПРОСТЕИШИЕ (PROTOZOA)

К простейшим относятся одноклеточные животные, у которых клетка является совершенно самостоятельным организмом, выполняющим все жизненные функции (питание, дыхание, передвижение, размножение и пр.). Тело простейших состоит из протоплазмы с заключенным в ней одним или несколькими ядрами. Простейшие очень широко распространены в природе: они обитают в морях и океанах, в солоноватых и пресных озерах, в реках, болотах, почве, подземных водах. Размеры простейших в среднем 0,1—1 мм, «гигантские» формы достигают 30—50 мм.

Простейшие подразделяются на большое количество классов, среди которых палеонтологическое значение имеют лишь представители саркодовых.

КЛАСС САРКОДОВЫЕ (SARCODINA)

Класс Sarcodina подразделяется на 4 подкласса: корневожки (*Rhizopoda*), солнечники (*Heliozoa*), фораминиферы (*Foraminifera*), радиолярии (*Radiolaria*). Из них только представители двух последних подклассов обладают твердым скелетом, хорошо сохраняются в ископаемом состоянии и имеют поэтому большое геологическое значение.

ПОДКЛАСС ФОРАМИНИФЕРЫ (FORAMINIFERA)

К фораминиферам относится большая группа организмов, насчитывающая до 30 000 современных и ископаемых видов. В большинстве это морские животные, ведущие бентосный, реже планктонный образ жизни. Фораминиферы часто образуют раковины с многочисленными отверстиями, через которые наружу выходят ложноножки. С этим связано название фораминифер (форамен — отверстие, феро — нести).

Подавляющее большинство фораминифер имеет раковину или секреционную, образованную за счет выделения протоплазмой минеральных веществ (кальцита, псевдохитина), или агглютинированную, построенную из посторонних («песчаных») частиц.

При определении фораминифер обращают внимание на все детали строения раковины: внешнюю форму, характер расположения камер и их число, форму устья, скульптуру, строение стенки и другие признаки (табл. I, 1—7).

Раковина фораминифер может быть одно-, двух- или многокамерной. Камеры разделены перегородками (септами), выраженными снаружи септальными швами.

Многокамерные раковины имеют разнообразную внешнюю форму: одноосные — камеры располагаются прямолинейно, спирально-плоскостные — камеры располагаются по спирали в одной плоскости, форма таких раковин зависит от соотношения диаметра и толщины (дисковидная — *Nuttulites*, веретеновидная — *Fusulinella* и др.), спирально-конические (*Globigerina*). Устье представляет собой отверстие, через которое наружу выходит протоплазма, сообщающаяся с внешней средой. По форме оно может быть круглым, эллиптическим, щелевидным, серповидным и др. Различают простое устье и сложное, состоящее из нескольких отверстий. У некоторых фораминифер с известковой пористой раковиной стенка и перегородка пронизаны системой каналов. Иногда раковины пронизываются дополнительными образованиями — столбиками, которые служили, вероятно, для укрепления раковин. Поверхность раковин фораминифер бывает гладкой или несет элементы скульптуры: ребра, бугорки, иглы и шипы.

Фораминиферы имеют важное стратиграфическое значение. Микроскопические размеры раковин фораминифер, быстрая эволюция отдельных групп и частая встречаемость в разнообразных по петрографическому составу горных породах делают их незаменимыми в практике геологических исследований.

Древнейшие остатки фораминифер известны из кембрийских отложений. В ордовике, силуре и девоне их количество значительно увеличивается, а в каменноугольном и пермском периодах фораминиферы достигают первого максимального расцвета, особенно фузулиниды. Второй максимум расцвета фораминифер отмечается в позднем мелу развитием глобигерин и в палеогене — развитием нуммулитов.

ПОДКЛАСС РАДИОЛЯРИИ (RADIOLARIA)

Радиолярии — одноклеточные или очень редко колониальные организмы, исключительно морские, не переносящие колебаний солености ниже 32 и выше 38^{0/00}. Основная масса их связана с теплыми бассейнами, где они ведут преимущественно планктонный образ жизни. Небольшая часть радиолярий ведет прикрепленный образ жизни. Большей частью они — одиночные формы микроскопических размеров (доли миллиметра), в виде исключения встречаются колонии размерами до нескольких сантиметров.

У радиолярий имеется пористая центральная капсула из органического вещества, делящая протоплазменное тело на

два главных слоя: внутрикапсуллярный и внекапсуллярный (табл. I, 8, 9). Центральная капсула может иметь вид уплощенного шара с однослойной или многослойной стенкой, пронизанной мелкими порами. Скелет минеральный, обычно кремнистый, реже из целестина, сернокислого стронция (SrSO_4). Скелеты радиолярий чрезвычайно разнообразны по форме: шарообразные, дискообразные или шлемообразные и несут на себе многочисленные тонкие иглы или шипы. Наиболее распространена шарообразная форма, сочетающаяся с многоосной симметрией скелета.

Ископаемые радиолярии известны с кембрийского периода; иногда принимают участие в строении кремнистых пород (радиоляритов): кремнистых сланцев, роговиков, радиоляриевых яшм и др. В современную эпоху, главным образом в Тихом и Индийском океанах, происходит образование радиоляриевого ила преимущественно на глубинах свыше 4000 м.

§ 2. ТИП ГУБКИ (SPONDAIA)

Губки — многоклеточные организмы, тело которых состоит из двух слоев клеток: наружных и внутренних, большей частью колониальные, реже одиночные. Все губки ведут неподвижный образ жизни на дне водоемов, главным образом морских, реже пресноводных, плотно прирастая к твердому субстрату или закрепляясь ризоидами (корневыми выростами) в рыхлом грунте. Размеры их колеблются от нескольких миллиметров до 1,5 м (табл. II, 1). В морских бассейнах живут на разных глубинах, но большинство их встречается на глубинах 150—200 м. Губки встречаются в холодных и теплых морях — от Полярного круга до тропиков, однако они наиболее богаты видами в тропическом поясе.

Тело губки представляет собой мешочек бокаловидной, чашевидной, цилиндрической и грибообразной формы с многочисленными каналами, пронизывающими стенки. Внутри губки имеется центральная полость, которая обычно в верхней части открывается наружу. Стенки каналов и внутренней полости покрыты клетками, снабженными жгутиками, колебание которых вызывает постоянный приток воды, приносящей кислород и пищу.

В ископаемом состоянии сохраняется скелет губок: известковый, кремневый или роговой, построенный из отдельных игл или спикул. Форма игл бывает различной и является основным признаком при классификации губок; размер их микроскопический. Поверхность губок покрыта многочисленными отверстиями, от которых в глубь тела идут

каналы. Каналы между собой могут сообщаться, но внутри них нет никаких перегородок.

В зависимости от состава скелета и строения спикул тип губок подразделяется на классы, из которых геологическое значение имеют класс известковых губок, классы трех- и четырехосных губок, обладающих кремневым скелетом.

Ископаемые губки известны с докембрийского времени. Уже начиная с кембрия известны почти все отряды, существующие и поныне.

Основное породообразующее значение губки приобретают в юрский и меловой периоды, принимая участие в образовании кремнистых пород, состоящих из роговика, халцедона и кремния.

§ 3. ТИП АРХЕОЦИАТЫ (ARCHAEOCYATHI)

Археоциаты — вымершие морские животные, существовавшие в кембрийском периоде, вели прикрепленный образ жизни. По аналогии с губками предполагают, что скелет у них внутренний. Среди них встречаются как одиночные, так и колониальные формы. Скелет одиночных археоциат имеет форму конического или цилиндрического бокала или кубка (табл. II, 2), реже встречаются грибо- и блюдцеобразные формы. Наружная поверхность скелета часто покрыта продольными ребристыми выступами или поперечными пережимами. Прикрепление кубка к субстрату осуществляется при помощи каблучка прирастания. Скелет археоциат обычно состоит из двух стенок, внешней и внутренней, как бы из двух вложенных один в другой конусов. Стенки конусов не соприкасаются, а между ними располагаются вертикальные (септы) и горизонтальные перегородки (днища). Обе стеки (септы и днища) пронизаны закономерно расположенными рядами пор разнообразной формы и строения.

Размеры археоциат от нескольких миллиметров до 40 см в высоту и от 3—4 мм до 25 см в диаметре. Археоциаты вместе с водорослями образовывали в кембрийском периоде различные органогенные постройки.

§ 4. ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ (COELENTERATA)

К типу кишечнополостных относятся многочисленные организмы, которые объединяют большую и разнообразную группу, насчитывающую 20 000 ископаемых и 9000 современных видов. Они обитают главным образом в морях и в меньшей степени в пресноводных бассейнах. Форма тела у кишечнополостных мешковидная с единственной полостью,

открывающейся наружу одним отверстием, являющимся как ротовым, так и анальным. Внутренняя организация кишечнополостных более высокая, чем губок: имеются нервные клетки и органы чувств. Тип кишечнополостных подразделяется на три класса: Hydrozoa, Scyphozoa и Anthozoa, но только представители последнего имеют большое геологическое значение.

КЛАСС КОРАЛЛОВЫЕ ПОЛИПЫ (ANTHOZOA)

Коралловые полипы — исключительно морские организмы, одиночные или колониальные. Скелет многих коралловых полипов твердый известковый, чашеобразной формы. Скелет одного полипа называется кораллитом. У одиночных представителей кораллиты различной формы: конической, цилиндрической и др. У колониальных полипов скелет каждой особи имеет призматическую форму. Колония, образованная совокупностью кораллитов, называется полипником. Класс коралловых полипов подразделяется на пять подклассов: Tabulata, Heliolitoidea, Tetracorallia (Rugosa), Hexacorallia и Octocorallia. К этому классу мы условно относим также группу Chaetetida пока не ясного систематического положения.

Подкласс Табуляты (*Tabulata*)

Табуляты — вымершие колониальные палеозойские морские организмы, отличающиеся незначительными размерами трубчатых кораллитов (0,5—4 мм), образующих колонии, и простотой строения внутренних скелетных элементов. Форма колоний может быть весьма разнообразной: дискоидальной, корковидной, массивно-ветвистой и др.

Отдельные кораллиты в колониях соединяются друг с другом при помощи соединительных пор или соединительных трубок.

В поперечном сечении обычно каждый кораллит имеет призматическую форму полигональных очертаний. К вертикальным скелетным элементам табулят относятся вертикальные перегородки (септы), которые не заполняют центральную часть кораллитов (табл. II, 4, 5; табл. III, 1). Внутренняя полость кораллитов пересекается горизонтальными перегородками (днищами).

Подкласс Четырехлучевые кораллы, или Ругозы (*Tetracorallia*, или *Rugosa*)

Четырехлучевые кораллы объединяют одиночные и колониальные организмы. Скелет четырехлучевых кораллов отличается наличием вертикальных перегородок двух поряд-

ков, в расположении которых видна двусторонняя симметрия. В кораллитах хорошо выражены как днища, так и септы, число которых в течение жизни кораллов сильно увеличивается. Свое название четырехлучевые кораллы (греч. тетра — четыре) получили в связи с тем, что новые септы у них закладываются в четырех секторах кораллита (табл. III, 2, 3, 5).

Внешняя форма кораллитов одиночных кораллов весьма изменчива. Они бывают роговидно-изогнутыми, коническими, цилиндрическими, блюдцеобразными и др. Форма колоний может быть массивной, кустистой, стелющейся и др. Кроме вертикальных и горизонтальных перегородок во внутреннем строении кораллитов часто имеется столбик и пурпурчатая ткань.

Четырехлучевые кораллы существовали от ордовика до перми включительно.

Подкласс шестилучевые кораллы (Hexacorallia)

Шестилучевые кораллы — ископаемые и ныне живущие морские одиночные и колониальные коралловые полипы, у которых число перегородок, делящих внутреннюю полость, чаще всего равно или кратно шести (греч. гекса — шесть). Из шести отрядов только отряд склерактиний (Scleractinia) дает большое количество ископаемых видов. Среди склерактиний встречаются одиночные и колониальные (табл. III, 4) формы с наружным скелетом карбонатного состава. Скелеты одиночных кораллов отличаются конической, дисковидной и роговидной формами, а форма колоний бывает сферической, полусферической или ветвистой.

Подкласс Восьмилучевые кораллы (Octocorallia)

Восьмилучевые коралловые полипы — исключительно колониальные организмы. Полипы, образующие колонии, небольших размеров. Ротовое отверстие окружено венцом из восьми пористых полых щупалец, расположенных однорядно (табл. III, 6). Внутренняя полость разделена восьмью мягкими перегородками. В ископаемом состоянии от восьмилучевых кораллов сохраняются только оси, трубы и изредка спикулы, которые встречаются начиная с триаса.

Современные коралловые полипы являются обитателями морской среды, они особенно обильны в тропических и теплых морях. Скелеты коралловых полипов принимают активное участие в образовании рифов. Рифостроящие кораллы живут на глубинах от 0 до 90 м при температуре от +18,5 до +36°C (преимущественно от +25 до +29°C) и при солености от 27 до 40‰.

Коралловые полипы являются рифостроителями начиная с конца палеозоя. В карбоне и перми в рифообразовании принимали участие табуляты и четырехлучевые кораллы; начиная с мезозоя и до ныне — шести- и восьмилучевые кораллы.

Группа Хететиды (Chaetetida)

Хететиды — вымершие колониальные морские организмы с наружным известковым скелетом. Полипняк хететид состоит из большого числа очень мелких трубочек (кораллитов), плотно прилегающих друг к другу. Кораллиты многоугольного или округлого поперечного сечения (табл. II, 3а, 3б) имеют диаметр 0,15—1,2 мм. Стенки ячеек сплошные, непористые толщиной 0,15—0,35 мм. Столбик и настоящие вертикальные перегородки (септы) отсутствуют. Внутренние полости ячеек разделяются горизонтальными перегородками (днищами). В поперечных разрезах иногда наблюдаются выросты (псевдосепты), указывающие на начало деления ячейки.

Хететиды известны от ордовика до миоцена, наиболее широко они распространены в каменноугольном периоде.

Систематическое положение этой группы недостаточно ясно. Отсутствие у хететид настоящих вертикальных перегородок давало основание некоторым исследователям исключить хететиды из состава коралловых полипов и рассматривать их в составе гидроидных полипов.

§ 5. ТИП МОЛЛЮСКИ (MOLLUSCA)

Моллюски (мягкотельные) образуют один из самых больших типов животного царства, объединяющий множество разнообразных морских, пресноводных и наземных организмов. В тип входит не менее 100 000 современных видов и большое количество ископаемых. Большинство моллюсков обладает твердыми известковыми раковинами, которые довольно хорошо сохраняются в ископаемом состоянии. Моллюски известны начиная с кембрия, многие из них являются важнейшими руководящими формами, особенно для мезозойских и кайнозойских отложений.

Моллюски обладают, как правило, двусторонней симметрией тела и довольно высокоорганизованы (имеют кровеносную систему с сердцем, пищеварительные органы, нервную систему, органы чувств и т. д.). Мягкое тело животного покрыто складкой кожи — мантией, которая выделяет внутреннюю или наружную раковину, обычно известковую.

Тип моллюсков подразделяется на шесть классов, из них только три — брюхоногие (*Gastropoda*), двустворчатые (*Bivalvia*) и головоногие (*Cephalopoda*) имеют большое геологическое значение.

КЛАСС ДВУСТВОРЧАТЫЕ (*BIVALVIA*)

К этому классу принадлежат моллюски, защищенные двустворчатой раковиной. Они исключительно водные организмы, обитающие как в морских, так и в пресных водах. Общее число видов достигает 30 000, из них более 10 000 современных. Тело несегментированное, покрытое мантией, туловище сжато с боков. Нога расположена на брюшной стороне туловища и служит для ползания, закапывания или сверления.

Формы раковин двустворок отличаются большим разнообразием: шаровидная, клиновидная, коническая, пирамидальная и т. д. Для ориентировки раковины ее располагают макушкой вверх, а передним краем, отвечающим положению ротового отверстия, вперед (от себя). В этом случае справа от плоскости смыкания будет находиться правая створка, а слева — левая.

В каждой створке различают (табл. IV, 1) верхний (спинной), или замочный, край, нижний (брюшной), а также передний и задний края. Задний край определяется по положению мантийного синуса и по большей величине отпечатка заднего замыкательного мускула. У некоторых двустворок концы замочного края, оттянутые от макушки вперед и назад, образуют ушки.

В зависимости от образа жизни моллюска раковина бывает равносторчатой или неравносторчатой. Первая наблюдается преимущественно у свободно передвигающихся двустворок, а вторая — у моллюсков, лежащих на одной из своих створок или прикрепляющихся к грунту.

Наружная поверхность створок бывает или совсем гладкой, где различимы лишь концентрические кольца — линии нарастания, возникающие вследствие периодического роста раковины, или несет различную скульптуру. Преобладает ребристая скульптура, когда ребра расположены или радиально, отходя от макушки к краю створок, или концентрически, если они параллельны линиям нарастания. Различные типы ребристости в комбинациях друг с другом образуют ряд смешанных, иногда сложных скульптур.

У некоторых двустворок (Агса) между макушкой и замочным краем располагается связочная площадка (арея), на которой имеются борозды (шевроны), являющиеся следами прикрепления связки, передвигающейся по мере роста раковины. На замочной площадке помещается различ-

ное количество выступов — зубов, разделенных углублениями (зубные ямки). Последние служат для приема зубов противоположной створки. Зубы и зубные ямки вместе образуют замочный аппарат, или замок.

По особенностям строения замочного аппарата в составе класса двустворок выделяются следующие шесть отрядов: рядозубые (*Taxodontia*, табл. IV, 2), беззубые (*Dysodontia*, табл. IV, 3—5), связкозубые (*Desmodonta*), расщепленнозубые (*Schizodontia*), разнозубые (*Heterodontia*), толстозубые (*Pachyodontia*).

Двустворчатые моллюски известны с кембрия, но в палеозое они распространены мало. Стратиграфическое значение они имеют с мезозоя, а максимального развития достигают в кайнозое.

КЛАСС БРЮХОНОГИЕ (GASTROPODA)

Тело брюхоногого моллюска заключено обычно в спирально свернутую раковину (табл. V, 1). С брюшной стороны располагается нога (мускульный вырост), с помощью которой животное ползает. Раковина обычно состоит из кальцита или арагонита. Класс включает не менее 8000 современных видов и около 15 000 ископаемых.

Начальный или исходный пункт роста называется макушкой, а открытое основание — устьем. Обычно обороты тесно соприкасаются друг с другом, частично или совершенно покрывая предыдущий, — такая спираль носит название инволютной. Линия между двумя соседними оборотами называется швом. Отдельные обороты спирали срастаются, образуя внутри раковины столбик. Если обороты раковины не соприкасаются, то вместо столбика образуется воронкообразное углубление — пупок. Форма раковин разнообразная: коническая, башенкообразная, сферическая, овальная, веретенообразная и др. Форма устья также весьма различная, чаще всего овальная, округлая, полулуная и щелевидная. Внешняя часть устья называется наружной губой, а ближайшая к столбику — внутренней. Устье иногда имеет в задней своей части вырез или канал, носящий название сифона. Поверхность раковин может быть гладкой или чаще с разнообразными образованиями, получившими название скульптуры. Скульптура раковин состоит обычно из углубленных штрихов или выдающихся ребрышек, бугорков, шипов и пр. Скульптура называется спиральной, когда проходит параллельно швонной линии, и поперечной, когда располагается под острым или прямым углом к ней.

Брюхоногие живут большей частью в воде, некоторые приспособились к жизни на суше. Водные брюхоногие дышат жабрами, наземные — примитивными легкими. Из вод-

ных подавляющее большинство обитает в море, в основном в зоне мелководья.

Первые брюхоногие появились в кембрии, в мезозое достигли значительного разнообразия, а в кайнозое — наивысшего расцвета.

КЛАСС ГОЛОВОНОГИЕ (SERHALOPODA)

Головоногие моллюски представляют собой своеобразную группу, достигшую наиболее высокой степени организации среди всех моллюсков. Они имеют двусторонне-симметричное тело с хорошо развитой обособленной головой, высокоразвитыми органами чувств и совершенно устроеными глазами. Это исключительно морские организмы, широко распространенные в океанах и морях с нормальной соленостью. Число ископаемых видов достигает 10 000, а современных — около 600 видов; к ним принадлежат наутилусы, каракатицы, осьминоги и кальмары. Размеры головоногих колеблются в широких пределах: от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров. Раковины некоторых вымерших форм достигали более 2 м в длину.

Ископаемых головоногих принято делить по положению раковины на наружнораковинные (*Ectocochlia*) и внутреннераковинные (*Endocochlia*).

Группа Наружнораковинные (*Ectocochlia*)

Наружнораковинные головоногие моллюски обладают разнообразной формы раковиной, разделенной перегородками на камеры. Мягкое тело животного помещается в передней, или жилой, камере. Все последующие камеры заполнены газом и называются газоносными. Перегородки между камерами несут отверстие, через которое проходит особый вырост задней части тела — сифон. Около сифона перегородки отгибаются, образуя так называемые сифонные дудки.

Первые представители появляются в кембрии, очень широко распространяются в палеозое и мезозое. К началу палеогена число их резко сокращается и в настоящее время из наружнораковинных существуют представители только одного рода *Nutilus*.

По строению раковины группа разделена на подклассы: *Nautiloidea*, *Endoceratoidea*, *Bactritoidea* и *Ammonoidea*.

Подкласс Наутилоиды (*Nautiloidea*)

В этот подкласс входят наиболее древние и примитивные по строению головоногие моллюски, большинство которых жило в раннем палеозое. Находки наутилоидей извест-

ны с конца докембрия. Известно около 2500 ископаемых и современных видов наутилоидей.

Раковины наутилоидей в одних случаях имеют форму прямой либо слегка согнутой длинной конической трубы, в других — спирально свернуты в одной плоскости. Раковина современного наутилуса (табл. V, 4) плоскосpirальная, состоит из нескольких (2—3) оборотов, разделенных поперечными перегородками на камеры. Жилая камера, в которой находится мягкое тело животного, занимает $\frac{1}{3}$ последнего оборота. Каждый последний оборот спирали несколько обнимает предыдущий, благодаря чему в центре спирали образуется углубление — пупок. Линия, вдоль которой края перегородки соприкасаются со стенкой раковины, называется перегородочной линией. У наутилоидей перегородки имеют прямые или лишь слегка изогнутые края. Перегородочная линия видна только на внутренних ядрах.

Самые древние и наиболее просто устроенные наутилоиды обладали прямой или конической удлиненной раковиной. Затем появились наутилоиды с конической дугообразной раковиной, еще позже — дугообразные, образующие целый оборот или два. Однако эти обороты еще не соприкасались друг с другом. Позднее наутилоиды приобретают спирально завернутые раковины с примыкающими друг к другу оборотами, причем часть каждого оборота, налегающая на предыдущие, слегка вдавлена и объемлет предыдущий оборот.

Подкласс Эндоцератоидей (*Endoceratoidea*)

К этому подклассу относятся вымершие головоногие, обладавшие крупной прямой раковиной, длина которой у некоторых представителей достигала 3—4 м (табл. V, 2). Вдоль вентральной стенки раковины, занимая краевое положение, расположен широкий, сложный сифон, достигавший в ширину иногда почти до одной трети диаметра раковины. Перегородочные трубы часто в два раза превышают высоту газоносной камеры. Соединительные кольца расположены вдоль перегородочной трубы, плотно к ней прилегая. Полость широкого сифона заполнена многочисленными известковыми образованиями. Эндоцератоиды вели, вероятно, придонный образ жизни и были распространены только в ордовике.

Подкласс Бактритоидей (*Bactritoidea*)

Раковина бактритов прямая или согнутая, поперечное сечение ее округлое или овальное. Перегородочная линия прямая или слабоизогнутая, как правило, с вентральной

лопастью. Сифон прилегает кentralной стороне. Перегородки равномерно вогнутые, иногда слабоволнистые у краев. Поверхность раковины чаще гладкая, иногда поперечно- или продольноребристая. Размеры раковины обычно небольшие.

Предполагают, что бактриоиды произошли от наутилоидей и в свою очередь дали начало аммонитам и внутреннераковинным головоногим. Существовали с девона до перми.

Подкласс Аммоноидеи (Ammonoidea)

К аммоноидям относится большая и очень важная группа головоногих моллюсков, появившихся в начале девона и вымерших к концу мела.

Тело аммонитов помещалось в известковой раковине разнообразной формы, обычно представляющей собой плоскую спираль из большого количества оборотов. Жилая камера занимала 0,5—2 оборота раковины, остальная часть раковины была разделена тонкими перегородками на многочисленные камеры. В раковине различают центральную, или брюшную, дорсальную, или спинную, и боковые стороны. Тонкий сифон имел краевое положение, проходя у большинства аммоноидей вдоль наружной (центральной) стороны раковины и соединяя все газоносные камеры. Лишь у позднедевонских климений сифон занимал положение вдоль внутренней (дорсальной) стороны раковины.

Размеры взрослых раковин изменились в широких пределах, в среднем от 1 см до 1 м, а в позднем мелу существовали гигантские аммониты диаметром до 2,5 м.

Поверхность раковины может быть гладкой или часто очень сложно и разнообразно скульптированной. Различают скульптуру поперечную, продольную и сетчатую. Она бывает представлена разнообразными по форме и расположению ребрышками, бугорками, бороздками, килями и т. д. Сложность скульптуры в целом резко возрастает у мезозайских аммоноидей. Поверхность перегородок имеет сложный рельеф, состоящий из чередования выпуклых (седел), обращенных к жилой камере, и вогнутых (лопастей) изгибов, обращенных к начальной камере. Центральная часть перегородки прогнута меньше. Внешний контур перегородки, по которому она срастается с внутренней поверхностью оборота, называется лопастной линией. В ходе геологической истории лопастная линия аммоноидей в общем испытывала все большее усложнение. Различают четыре основных типа лопастных линий аммоноидей; в основе деления лежат число, форма и расчлененность лопастей и седел (табл. VI, 16): агоннатитовый тип — лопастей и седел мало, они простые,

нерасчлененные, на боковой стороне раковины имеется широкая, слабо вытянутая лопасть (девон); гониатитовый тип — лопасти и седла более многочисленные, простые, нерасчлененные, лопасти обычно заострены, седла имеют округленную форму (девон — пермь); цератитовый тип — лопасти мелкозазубренные, седла нерасчлененные, округлые (пермь — триас); аммонитовый тип — лопасти и седла сильно расчлененные (триас — мел).

В настоящее время среди аммоноидей выделено семь отрядов: *Agoniatitida*, *Goniatitida*, *Clymeniida*, *Ceratitida*, *Phylloceratida*, *Lytoceratida*, *Ammonitida* (табл. VI, 1а).

Группа Внутреннераковинные

Внутреннераковинные головоногие моллюски имеют частично или полностью редуцированную раковину и довольно хорошо развитый внутренний хрящевой скелет. Нервная система и органы чувств хорошо развиты. Внутреннераковинные появились в карбоне, значительного расцвета достигли в юре и мелу. В современных морях распространены широко, известно несколько сотен видов.

Внутреннераковинные делятся на четыре отряда, из которых только один — *Belemnitida* (белемниты) имеет большое геологическое значение.

Основной частью скелета белемнитов, хорошо сохраняющейся в ископаемом состоянии, является раковина, состоящая из трех частей (табл. VI, 2): фрагмокона, ростра и проостракума. Фрагмокон имеет коническую форму и разделен поперечными перегородками на гидростатические камеры, которые сentralной стороны соединяются сифоном. Перегородки слабовогнутые, с почти ровным краем. Перегородочная линия белемнитов прямая или слабоизогнутая. Со спинной стороны стенка фрагмокона далеко выдается вперед в виде пластины, называемой проостракумом. В ископаемом состоянии лучше всего сохраняется ростр — сигаровидное образование, облекающее фрагмокон. У большинства белемнитов ростр в ископаемом состоянии сложен кристаллами кальцита, ориентированными по радиусам перпендикулярно поверхности ростра. Поперечное сечение ростра бывает круглым, угловатым, неправильно овальным и может на разных участках ростра несколько изменяться. В передней (или верхней) части ростра имеется коническое углубление (альвеола), в котором помещается фрагмокон. Поверхность ростра может быть гладкой или иметь продольные борозды.

Белемниты известны с раннекаменноугольной эпохи, но в позднем палеозое их мало. Количество их увеличивается в триасовом периоде и наибольшего расцвета они достигают

в юре и мелу. В конце мела почти все белемниты вымирают, отдельные представители известны в среднем палеогене.

§ 6. ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ (ARTHROPODA)

Тип членистоногих самый обширный среди всех типов животного царства. В современной фауне среди представителей этого типа насчитывается не менее миллиона только одних насекомых. Членистоногие широко распространены не только в воде и на суше, но и в воздушной среде. Для членистоногих характерно тело, состоящее из отдельных сегментов. Скелет их наружный, образованный хитиновой кутикулой, которая часто пропитана известью.

Тип Arthropoda подразделяется на пять надклассов, из которых особое геологическое значение принадлежит трилобитообразным (*Trilobitomorpha*), классу трилобиты (*Trilobita*).

КЛАСС ТРИЛОБИТЫ (TRILOBITA)

Трилобиты — исключительно палеозойские морские членистоногие с овально-удлиненным, сегментированным телом, покрытым твердым спинным панцирем (табл. VII, 1). Панцирь делится на три части в продольном и поперечном направлениях. В поперечном направлении выделяются головной щит, туловище и хвостовой щит. В продольном направлении панцирь делится также на три части (или лопасти) спинными бороздками, идущими от переднего до заднего конца тела. Средняя часть называется осевой, а две боковые — плевральными. Именно поэтому эти животные и получили название трилобиты (лат. *Tri* — три, *lobus* — лопасть). Размеры трилобитов, как правило, невелики, в среднем от 2 до 10 см, но имеются и более мелкие (менее 10 мм). Гигантские формы трилобитов достигают 75 см.

Головной щит обычно имеет полукруглую форму и прямым задним краем прилегает к туловищу. Осевая, наиболее вытянутая часть спинной стороны головного щита называется глабелью, боковые — щеками. Форма глабели разнообразна: расширяющаяся спереди трапецидальная, яйцевидная и др. Поверхность глабели может быть гладкой или разделенной поперечными мелкими бороздками. Щеки лицевыми швами делятся на наружную часть — так называемые свободные щеки и внутреннюю часть — неподвижные щеки. Неподвижные щеки вместе с глабелью образуют кранидий. На поверхности щек располагаются глаза, которые

делят лицевые швы на две части, называемые задними и передними ветвями лицевых швов. У некоторых трилобитов, лишенных лицевого шва, имеется краевой шов, проходящий по краю головного щита или в непосредственной близости от него.

Туловище трилобитов состоит из подвижно сочлененных друг с другом сегментов, количество которых у разных родов различно и варьирует от 2 до 44. Спинной панцирь каждого сегмента состоит из вздутой осевой части и двух уплощенных боковых частей (плевр). Соседние сегменты либо просто перекрывают друг друга, либо сочленяются особым замком.

Хвостовой щит содержит от 1 до 30 сегментов. Иногда хвостовые сегменты сливаются, образуя сплошной щит. Осевая часть может доходить до заднего края или может быть неясно выражена. Очень часто хвостовой щит снабжен различного рода шипами. Среди них различают краевые шипы плевр и хвостовой шип (тельсон), находящийся на заднем конце так называемых хвостатых трилобитов.

§ 7. ТИП МШАНКИ (BRYOZOA)

Мшанки водные, преимущественно морские, только колониальные организмы, ведущие прикрепленный образ жизни. Отдельные особи мшанок, или зоиды, находятся в ячейках, соединенных в колонии. Колонии мшанок очень разнообразны: известны ветвистые, сетчатые, кустистые, корковидные, листообразные и др. Размеры колоний мшанок невелики, измеряются несколькими сантиметрами; величина отдельных особей в большинстве случаев не более 1 мм в длину. Ископаемые мшанки широко распространены в отложениях всех систем, начиная с ордовика. Наивысшего расцвета мшанки достигают в позднем палеозое и кайнозое. Известно 15 000 ископаемых и свыше 3000 современных видов.

Скелет колоний мшанок состоит из ячеек, имеющих характер длинных цилиндрических трубок или коротких камер различного сечения (табл. VI, 3, 4). Устья ячеек имеют разную форму: круглую, полулуунную, яйцевидную, треугольную. Стенки ячеек обычно имеют сложное строение, часто пронизаны порами, соединяющими зоонды.

Сетчатые колонии состоят из прямых или изгибающихся прутьев. Прямые прутья соединяются перекладинами, в результате чего образуется система овальных отверстий. Ячейки на прутьях располагаются обычно в два или несколько рядов. Между ячейками часто находится срединный киль с килевыми бугорками, которые, по-видимому, выполняли защитную функцию.

Брахиоподы — одиночные, исключительно морские, бентосные организмы, мягкое тело которых заключено в двусторчатую раковину, состоящую из брюшной и спинной створок (табл. VII, 2). Брюшная створка обычно более крупных размеров.

Брахиоподы — двусторонне-симметричные животные, у которых плоскость симметрии сечет обе створки.

Ископаемые брахиоподы распространены в отложениях всех геологических систем, начиная с кембрия. Наибольший расцвет их приурочен к палеозою; в течение мезозоя и кайнозоя их число сокращается, и в современных морях известно только около 200 видов. Ископаемых же форм описано свыше 10 000 видов.

Размер раковины брахиопод колеблется в пределах от 0,1 до 30 см, однако преобладают формы размером 3—5 см. Наиболее крупные представители известны из палеозоя (*Gigantopproductus*), самые крупные современные представители имеют размер около 8 см.

В зависимости от соотношения спинной и брюшной створок форма раковин может быть двояковыпуклой, плоско-выпуклой, вогнуто-выпуклой и др.

Каждая створка имеет макушку (начальная часть раковины) часто клиновидной формы. Край створки около макушки называется задним (или замочным), противоположный ему, где происходит рост раковины и раскрывание створок, — передним, а соединяющие их края — боковыми.

Длиной раковины называется расстояние между замочным и передним краем; шириной — расстояние между боковыми краями; толщиной — расстояние между брюшной и спинной створками.

Очертание раковины может быть окружным, овальным, треугольным, квадратным, пятиугольным и т. д.

У многих брахиопод замочный край бывает прямым и длинным, в этом случае боковые концы створок оттянуты в виде ушек. Нередко на раковине, обычно на брюшной створке, наблюдается срединное продольное углубление — синус, которому на противоположной створке соответствует срединное возвышение, или седло. Иногда вдоль замочного края брюшной, реже спинной, створки располагается плоская площадка — арея. Непосредственно под макушкой брюшной створки находится треугольное отверстие для выхода ножки — дельтирий. У некоторых брахиопод ножка выходит через округлое отверстие — форамен, который расположен или на пластинках, закрывающих дельтирий, или непосредственно на макушке.

Обычно на поверхности раковин брахиопод наблюдается

различного типа скульптура, в которой различают элементы концентрические и радиальные (ребра, складки, струйки). У некоторых брахиопод на раковине развиваются разнообразные иглы, бугорки и другие выросты. Особенно большого разнообразия достигают иглы — полые трубчатые выросты, иногда значительной длины (до нескольких сантиметров).

Раковина брахиопод на своей внутренней поверхности несет различные образования, связанные с особенностями строения внутренних органов. Сочленение створок у беззамковых (*Inarticulata*) брахиопод происходит только с помощью системы мускульных тяжей, а у замковых (*Articulata*) — с помощью замка и мускулов. Замок состоит из двух зубов, имеющих вид коротких выступов, расположенных в брюшной створке у основания дельтирия, и соответствующих зубных ямок на спинной створке. Зубы обычно поддерживаются особыми зубными пластинками, которые иногда срастаются вместе, образуя ложкообразную пластинку — спондилий. Кроме зубов у большинства брахиопод в спинной, реже в брюшной створке имеется срединная септа, которая начинается под макушкой и простирается на различное расстояние к переднему краю.

У части замковых брахиопод имеется известковый ручной аппарат, который прикрепляется к спинной створке. Если ручной аппарат развит слабо, то на спинной створке от него остаются только небольшие отпечатки; иногда он имеет вид коротких выступов, расположенных на внутреннем крае зубных ямок. У многих брахиопод ручной аппарат развивается в виде крючкообразных отростков (круп), которые, разрастаясь, принимают вид двух спиральных конусов, вершины которых направлены либо в боковые стороны, либо в сторону спинной створки.

Раковина брахиопод имеет конвергентное сходство с раковиной двустворчатых моллюсков. Отличительные особенности заключаются в следующих признаках. У брахиопод плоскость симметрии проходит через створки, разделяя каждую створку на две половины, а у двустворчатых моллюсков плоскость симметрии проходит между створками вдоль тела моллюска. У брахиопод под макушкой брюшной створки имеется отверстие для выхода ножки, а у двустворчатых моллюсков под макушкой такого отверстия нет. Замок у брахиопод состоит из двух зубов в брюшной створке и двух ямок в спинной, а замок у двустворчатых моллюсков разнообразного строения; зубы и ямки в каждой створке чередуются.

Все брахиоподы являются обитателями морского дна и принадлежат к сидячему бентосу. По своему образу жизни брахиоподы разделяются на якорные, которые прикреп-

ляются к субстрату при помощи ножки; зарывающиеся, которые зарываются в рыхлый грунт; прирастающие — раковина прирастает брюшной створкой к субстрату; свободнолежащие — животное лежит на дне свободно.

Наиболее древние остатки ископаемых брахиопод известны из верхних горизонтов протерозоя. Беззамковые брахиоподы основное развитие получили в нижнем палеозое, затем без существенных изменений продолжают развитие до наших дней. Значительно больший интерес представляют замковые брахиоподы, которые господствовали в течение всего палеозоя среди морской бентосной фации. С начала мезозоя их роль резко снижается, и они уступают место двустворчатым моллюскам.

§ 9. ТИП ИГЛОКОЖИЕ (ECHINODERMATA)

Иглокожие — морские, очень своеобразные животные, ведущие бентосный прикрепленный или подвижный образ жизни.

Известно около 5000 видов современных иглокожих. Иглокожие в ископаемом состоянии известны с кембрия.

Облик иглокожих чрезвычайно разнообразен: тело их может быть шаровидным или мешковидным, чашечкоподобным, звездообразным, растениевидным и т. д. Скелет иглокожих в виде известковых пластинок с торчащими на них иглами и шипами закладывается сначала в виде мельчайших микроскопических телец, потом они сливаются и образуют крупные пластинки.

Все иглокожие обладают характерными и резко выраженным чертами строения, отчетливо обособляющими их среди других беспозвоночных. К таким чертам строения относятся радиальная, обычно пятилучевая симметрия, распространяющаяся на все особенности внутреннего строения, особая амбулакральная, или водно-сосудистая система, характерное строение кожного покрова (что обусловило название типа). Иглокожие подразделяются на стебельчатых, или прикрепленных, иглокожих (*Pelmatozoa*) и свободноживущих, или неприкрепленных, иглокожих (*Eleutherozoa*). Среди стебельчатых наиболее важное значение имеют карпониды (*Carpoidea*), морские пузыри (*Cystoidea*), морские бутоны (*Blastoidea*), морские лилии (*Crinoidea*).

Прикрепленные иглокожие были распространены главным образом в палеозое. Только один класс — морские лилии (*Crinoidea*) — дожил до наших дней.

Свободноживущие делятся на следующие классы: офиуры (*Ophiuroidea*), морские звезды (*Astroidea*), голотурии (*Holothuroidea*) и морские ежи (*Echinoidea*).

**КЛАСС ЦИСТОИДЕИ,
ИЛИ МОРСКИЕ ПУЗЫРИ (CYSTOIDEA)**

Это древнейшая раннепалеозойская группа иглокожих с шаровидной, яйцевидной или грушевидной чашечкой (табл. VIII, 1). Скелет цистоидей состоит из чашечки и стебля. Чашечка, или тека, образована многоугольными табличками, прочно соединенными друг с другом. На верхней стороне чашечки (почти в центре) расположено ротовое отверстие, прикрытое пятью мелкими табличками. От рта отходят 2—5 простых или разветвленных пищевых желобков, по которым пища поступала в ротовое отверстие. Анальное отверстие расположено на верхней, реже на боковой и очень редко на нижней стороне чашечки. Оно обычно прикрыто пятью треугольными табличками, образующими анальную пирамидку. Пластинки, составлявшие панцирь цистоидей, имели поры — канальцы, располагавшиеся параллельно поверхности пластинки, так что одна половина канальца лежала в одной пластинке, другая — в другой, смежной. Группы канальцев часто имели очертания ромбов.

**КЛАСС КРИНОИДЕИ,
ИЛИ МОРСКИЕ ЛИЛИИ (CRINOIDEA)**

Морские лилии — обычно прикрепленные иглокожие, тело которых состоит из кроны и стебля. Крона заключает чашечку, или теку, и отходящие от нее пять рук, обычно раздваивающихся один или несколько раз. Радиально-симметричная чашечка образована правильно расположенными рядами известковых табличек.

Морские лилии известны с ордовика доныне.

КЛАСС МОРСКИЕ ЕЖИ (ECHINOIDEA)

Морские ежи — свободноживущие иглокожие шаровидной, яйцевидной, конусовидной или сердцевидной формы. Различают две большие группы морских ежей — правильные морские ежи, которые характеризуются радиальной симметрией, и неправильные, у которых тело имеет двустороннюю симметрию. Кроме того, у правильных морских ежей рот расположен в центре нижней стороны, анальное отверстие — на верхней стороне, а у неправильных морских ежей анальное отверстие находится или сбоку, или внизу (табл. VIII, 2, 3).

У правильных морских ежей панцирь бывает шаровидным, более или менее сплюснутым у полюсов. У неправильных морских ежей форма панциря более разнообразна и

может быть конусовидной, сердцевидной, лепешковидной и т. д.

Тело морских ежей заключено в сплошной жесткий панцирь из известковых табличек, плотно примыкающих друг к другу своими краями и расположенных вертикальными (меридиональными) рядами, часто заключающими каждый два ряда табличек. Ряды табличек разделяются на пять двурядных пористых, состоящих из небольших пластинок, называемых амбулакральными, и пять межамбулакральных с двумя рядами непористых и более крупных пластинок в каждом ряду.

Таблички панциря несут многочисленные бугорки, на которых прикрепляются иглы. Иглы представляют собой плотные известковые стержни, подвижно сочлененные с бугорками. В основании каждой иглы имеется суставная ямка, в ней игла сидит на полусферическом суставном бугорке. Размер игл иногда очень велик, превышает диаметр панциря морского ежа в два-три раза и достигает 45 см. В центре ротового поля расположен челюстной аппарат, носящий название аристотелева фонаря и служащий для размельчения пищи.

§ 10. ТИП ПОЛУХОРДОВЫЕ (HEMICORDATA)

Полухордовые объединяют организмы с признаками бесхордовых и хордовых животных, ведущих роющий или прикрепленный образ жизни. Как и хордовые, они имеют спинной нервный тяж и парные жаберные щели, но настоящей спинной струны у них нет. Полухордовые подразделяются на три класса, среди которых только граптолиты имеют наибольшее геологическое значение.

КЛАСС ГРАПТОЛИТЫ (GRAPTOLITHINA)

Граптолиты — вымершие, палеозойские морские колониальные организмы, свободноплавающие или прикрепленные. Колонии граптолитов имели облик прямых, изогнутых или спиральных прутьев, иногда кустиков, на веточках которых располагались ряды ячеек (табл. VIII, 4—7).

Развитие колонии граптолитов началось с развития зародышевой ячейки, скелет которой называется сикулой. Сикула имеет форму маленького конуса, конец которого был заострен и вытянут в длинную полую нить — нему, вдоль которой развиваются ячейки. Ячейки, или теки, имеют цилиндрическую и коническую форму. Они расположены косо

к продольной оси ветви. Каждая тека имеет округленное или четырехугольное устье.

Предполагают, что планктонные граптолиты имели плавательный пузырь (пневматофор), к которому прикреплялись ветви колонии.

На основании присутствия или отсутствия опорной оси (виргулы) граптолиты разделяются на два отряда: безосные и осеносные. Безосные граптолиты были характерны для ордовика, а осеносные — преимущественно для силура, причем в раннем силуре преобладали *Diplograptus* (с двухрядным расположением ячеек), а в позднем силуре — *Monograptus* (с однорядным). Граптолиты являются важной группой для дробного расчленения ордовикских и силурийских отложений.

Раздел V

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Глава 9

АРХЕЙСКАЯ ЭРА

В отложениях архейской (древнейшей) эры почти не сохранилось данных об органической жизни.

Для разрешения вопроса об органической жизни в архейское время большой интерес представляют известняки и доломиты, имеющиеся среди отложений этой группы. В настоящее время установлено, что в образовании карбонатных пород всех групп огромную роль играли организмы. Последнее дает основание предполагать органическое происхождение и архейских карбонатных пород. Указанное предположение в какой-то мере подтверждается находками в известняках архея в Африке куполообразных, зубчатых и столбчатых конкреционных структур, основой которых явились, вероятно, морские водоросли. Абсолютный возраст рассматриваемых пород — более 3 млрд. лет. Эти органические остатки представляют собой, таким образом, самые древние следы жизнедеятельности организмов.

Можно предполагать, что в морях архейской эры господствовали простейшие одноклеточные организмы: водоросли, бактерии.

Глава 10

ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭРА

Протерозой подразделяется на три части — ранний, средний и поздний (рифей).

В отложениях протерозоя (эра первичной жизни) известны строматолиты и первые рифовые известняки, образованные за счет жизнедеятельности сине-зеленых водорослей. Кроме водорослей в отложениях венда обнаружены остатки радиолярий, фораминифер и бесскелетных многоклеточных

(червей, примитивных кораллов, предков трилобитов, первых иглокожих, погонофор).

Появление первых многоклеточных предполагается с начала позднего рифея (1 млрд. лет).

Практически только известковые водоросли играли в протерозое определенную геологическую роль, так как находки в отложениях позднего протерозоя представителей остальных указанных групп животных чрезвычайно редки (в ряде случаев даже уникальны), а сохранность их обычно плохая. Однако находки остатков этих организмов, несомненно, имеют огромное значение для понимания истории развития органического мира. Они указывают, что в течение протерозойской эры произошло становление основных типов водорослей и основных групп беспозвоночных.

Данные о развитии жизни на суше в протерозойскую эру отсутствуют. В первые этапы развития органического мира жизнь была сосредоточена и развивалась, по-видимому, лишь в обширных водоемах типа морей и океанов. Редкость нахождения органических остатков в породах протерозоя связана с сильным метаморфизмом этих пород, а также, по-видимому, и с отсутствием или со слабым развитием скелетных элементов у животных организмов.

Сложнодислоцированные и глубокометаморфизованные магматические и осадочные породы архея и протерозоя не имеют подразделений даже на системы, и сопоставление этих пород затруднено. Это резко отличает их от отложений более молодых геологических групп. В последнее время все большее распространение при расчленении и корреляции докембрийских образований получают радиометрические методы определения абсолютного возраста пород. По радиометрическим данным граница между археем и протерозоем сейчас определяется в 2700 млн. лет, начало архейской эры — около 4.000 млн. лет и конец протерозоя — в 570 млн. лет.

Выходы докембрийских пород на дневную поверхность известны на щитах платформ с докембрийским основанием и в ряде горных стран.

Породы архея и протерозоя, имеющие мощность до десятков километров, сложно дислоцированы и глубоко метаморфизованы, что указывает на их образование в условиях, близких к обстановке геосинклинальных областей. В результате неоднократных складчатых деформаций, происходивших в течение архея и протерозоя, к концу докембрая стабилизировались наиболее устойчивые участки земной коры — платформы. К числу их относятся Русская (или Восточно-Европейская), Сибирская, Африканская, Австралийская, Южно- и Северо-Американская древние, или докембрийские, платформы. Возникший при этом новый «структур-

турный план» земной коры привел к изменению условий обитания организмов, что нашло отражение в дальнейшем изменении их облика.

Глава 11 ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРА

Палеозойская эра, общей длительностью 310—385 млн. лет, в отличие от предыдущих характеризуется разнообразной и многочисленной фауной и флорой, многие представители которой хорошо сохранились в ископаемом состоянии.

Органический мир палеозоя имеет много своеобразных архаических черт и представлен в основном древними вымершими группами животных и растений. Этим и объясняется название эры «палеозой», что означает «эра древней жизни».

Богатство отложений палеозоя органическими остатками, многие из которых являются важнейшими руководящими ископаемыми, обусловливает возможность стратиграфического расчленения этих толщ.

Палеозойская эра по изменению облика древних животных и растений подразделяется на две части — ранний и поздний палеозой¹.

Земная кора в палеозое испытывала сложные преобразования. В геосинклинальных областях в палеозое происходили неоднократные и мощные складкообразовательные движения, и некоторые из геосинклиналей вследствие этого превратились в платформы с каледонским и герцинским складчатым основанием. Они примкнули к докембрийским платформам и увеличили их размеры. В результате этого в конце палеозоя в северном полушарии образовался большой материк, названный Лавразия, или Ангарида, а в южном — Гондвана.

РАННИЙ ПАЛЕОЗОЙ

Ранний палеозой охватывает три периода — кембрийский, ордовикский и силурийский.

Органический мир раннего палеозоя характерен становлением и развитием всех типов беспозвоночных и низших растений.

Структура земной коры в начале раннего палеозоя резко отличается от современной. Существовали древние плат-

¹ Ряд исследователей считает возможным подразделять палеозой на три части: ранний (кембрий — ордовик), средний (силур — нижний карбон) и поздний (средний карбон — пермь).

формы и широкие геосинклинальные пояса, в пределах последних складчатые области (области байкальской складчатости) занимали незначительные территории.

§ 1. КЕМБРИЙСКИЙ ПЕРИОД

Отложения кембрийского периода имеют значительное распространение на платформах с докембрийским основанием, где они образуют нижнюю часть горизонтально лежащей толщи осадочного чехла. На молодых платформах кембрийские отложения входят в состав пород складчатого фундамента.

В кембрийском периоде сохранился план расположения платформ и геосинклинальных областей, созданный в конце докембрия.

Об особенностях климата кембрийского периода известно еще очень мало.

По Н. М. Страхову, в раннем палеозое Северный полюс находился примерно в центре Тихого океана, а Южный полюс — у побережья Африки. Тропическая влажная зона располагалась в полосе, протягивающейся от Южной Гренландии через Новую Землю в Западную Сибирь. Характерно, что все теплые зоны были смешены на север по сравнению с современным положением экватора.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Для органического мира кембрия характерна наибольшая для палеозоя архаичность. Большую роль в нем играла своеобразная группа животных, так называемых археоциат, которые неизвестны в послекембрийских слоях. С другой стороны, в кембрийской фауне полностью или почти полностью отсутствовали многие животные, получившие широкое развитие с начала следующего, ордовикского периода. До последнего времени в кембрийских отложениях не были известны остатки наземной растительности. Недавно в кембрийских слоях С. Н. Наумовой обнаружены споры и обрывки кутикулы, принадлежащие, возможно, каким-то наземным растениям. Зато остатки водной растительности, а именно известны выделяющие сине-зеленые водоросли, распространены в кембрийских отложениях весьма широко. Они продолжают играть роль рифостроителей. В этом отношении кембрийские слои обнаруживают значительное сходство с породами протерозоя. Необходимо отметить, что у беспозвоночных животных кембрия слабо развит известковый скелет. Раковины чаще всего хитиново-фосфатные. Эти признаки

также сближают органическую жизнь протерозоя и кембрия.

В кембрийских отложениях встречаются остатки представителей всех типов беспозвоночных, но существенное значение для стратиграфического расчленения кембрийских отложений имеют только три группы животных: археоциаты, трилобиты и беззамковые брахиоподы. Археоциаты большими сообществами населяли мелководные участки кембрийского моря и наряду с известковыми водорослями являлись главными рифообразующими организмами кембрийского моря. Трилобиты были широко распространены в морях кембрийского и силурийского периодов. Впоследствии разнообразие их форм постепенно уменьшается, и в конце палеозойской эры трилобиты вымирают. Плечоногие представлены наиболее примитивными мелкими формами с роговоизвестковой раковиной, лишённой зубов и твердых ручных поддержек.

Все остальные представители беспозвоночных имеют в кембре ничтожную роль. Очень слабо, единичными видами представлены моллюски, среди которых найдены однообразные и примитивно организованные брюхоногие, двустворчатые и головоногие. Из типа кишечнополостных известны остатки медуз, совершенно не представлен класс кораллов; из типа иглокожих встречаются лишь немногие примитивные виды древних классов стебельчатых (цистоидей, текоидей и карпоидей) и единичные формы голотурий. Хордовые животные, обнаруженные в осадках верхнего кембра, относятся к граптолитам и к группе панцирных рыб.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип Archaeocyathi. Археоциаты.

Род *Archaeocyathus* (табл. IX, I, 2 а, б). Кубок известковый, двустенный, цилиндрической или узкон конической формы. Стенки кубка не соприкасаются и между ними располагаются вертикальные (септы) и горизонтальные (днища) перегородки. Стенки кубка пронизаны порами. Местам прикрепления вертикальных перегородок соответствуют продольные бороздки наружной стенки. Представители рода *Archaeocyathus* принимали участие в образовании рифогенных построек.

Распространение: ранний кембр.

Тип Arthropoda Членистоногие. Класс Trilobita. Трилобиты.

Род *Paradoxides* (табл. IX, I, 1). Панцирь больших размеров (25—30, иногда 50 см) с крупным головным щитом, маленьким хвостовым щитом и туловищным щитом, состоя-

шим из 17—23 сегментов. Головной щит с широкой краевой каймой и довольно длинными щечными шипами. Глабель расширяется спереди и разделена на четыре-пять лопастей. Лицевые швы заднешечного типа, их передние ветви расходящиеся. Глаза занимают почти срединное положение. Края тулowiщных члеников заканчиваются шипами, причем шипы задних члеников длиннее шипов передних. Шипы последнего тулowiщного членика широкие и сильно вытянуты назад. Хвостовой щит маленький, округленно-четырехугольной формы.

Распространение: средний кембрий.

Тип Brachiopoda. Брахиоподы. Подкласс Inarticulata. Беззамковые.

Род *Obolus* (табл. IX, I, 3 а, б). Раковина хитиново-фосфатная, небольших размеров, почти равносторчатая, окружлой или овальной формы с тонкими концентрическими следами нарастания на поверхности, реже с радиальными штрихами. Створки слабовыпуклые с немного более выступающей макушкой брюшной створки. Под макушкой брюшной створки хорошо выражена ложная арея. Посредине ареи находится желобок для ножки. Раковина имеет темно-коричневый или черный цвет, что объясняется повышенным содержанием фосфата.

Распространение: средний кембрий — нижний ордовик.

§ 2. ОРДОВИКСКИЙ ПЕРИОД

В ордовикском периоде существовали те же платформы и геосинклинальные пояса, что и в конце кембрийского периода. К концу ордовикского периода в некоторых геосинклинальных прогибах наблюдался орогенез. Для ордоваика сохраняется тот же план расположения полюсов и соответственно климатических зон, что и в кембрийском периоде.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Органический мир ордовикского периода более богат и разнообразен, чем кембрийского. Подавляющее большинство известных форм органического мира ордоваика относится к обитателям моря. Среди водной растительности ордоваика уменьшилась роль известны выделяющих водорослей, весьма широко распространенных в морях протерозоя и кембрийского периода. Из наземных растений известны лишь весьма примитивные формы, близкие к псилофитовым.

Трилобиты и брахиоподы, характерные для кембрия, продолжают играть в ордовикском периоде большую роль.

Трилобиты представлены новыми родами *Asaphus*, *Illaenus* и др. Среди членистоногих появилась своеобразная группа морских животных — ракоскорпионы, или «гигантские раки». Значительная часть гигантских раков явила, по-видимому, обитателями пресных водоемов. Ордовикские брахиоподы представлены в большинстве случаев замковыми формами с известковой раковиной. Многие из них являются важнейшими руководящими ископаемыми, например *Orthis*, *Parambonites*. В ордовикском периоде началось развитие кишечнополостных — табулят и четырехлучевых кораллов. К этому же времени относится развитие иглокожих, представленных древним классом цистоидей. Из цистоидей для ордоваика характерен род *Echinospaerites*. В ордовикской фауне важное место занимают наружнораковинные головоногие моллюски, широко представленные древними формами с прямыми раковинами. Из них особенно характерен род *Endoceras*. В расцвете находились граптолиты — род *Diplograptus* и другие, а также род *Dictyonema*. Из позвоночных в ордовикских отложениях обнаружены примитивные и редкие находки бесчелюстных.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Cephalopoda*. Головоногие. *Ectocoelchia*. Наружнораковинные. Подкласс *Endoceratoidea*. Эндоцераты.

Род *Endoceras* (табл. IX, II, 2). Раковина прямая, длинная, конусообразно заостренная, разделена перегородками на многочисленные камеры. Поперечное сечение раковины округлое или овальное. Перегородки между камерами прямые, поэтому и перегородочные линии, хорошо видные на внутреннем ядре, также прямые. Через все камеры проходит толстый сифон, который расположен вблизи стенки раковины. Сифонные дудки длинные. Длина раковины до нескольких десятков сантиметров, а у некоторых видов до 2 м.

Распространение: ордовик.

Тип *Arthropoda*. Членистоногие. Класс *Trilobita*. Трилобиты.

Род *Asaphus* (табл. IX, II, 1). Панцирь крупных размеров с головным и хвостовым щитами почти равной величины и туловищным щитом, состоящим из 8 сегментов. Головной щит округлой формы без шипов и краевой каймы. Глабель гладкая, сильно выпуклая, грушевидной формы, резко расширенная впереди. Крупные глаза, расположенные на стебельках, приближены к глабели. Лицевые швы заднешечного типа; их передние ветви соединяются у края головного щита, повторяя контур глабели. Сегментированный ракис-

хвостового щита четко ограничен до почти гладких плевр. Обладали способностью свертываться.

Распространение: ранний-средний ордовик.

Тип Brachiopoda. Брахиоподы. Класс Articulata. Замковые.

Род *Orthis* (табл. IX; II, 5а, б). Раковина известковая, округлой формы, с прямым смычным краем. Створки неравной величины: спинная створка плоская, реже слегка выпуклая, брюшная створка обычно более выпуклая, с более выступающей макушкой. Узкая арея брюшной створки имеет треугольное отверстие — дельтирий для выхода ножки. Наружная поверхность с резкими радиальными ребрами, осложненными дополнительной струйчатостью. Края створок складчаты изнутри. По краям дельтирия имеются два маленьких зуба, которые поддерживаются изогнутыми сросшимися зубными пластинками, образующими слабо выступающий спондилий. Спинная створка несет короткие крючки для поддержки рук. По образу жизни — прикрепленный бентос.

Распространение: ранний ордовик.

Тип Echinodermata. Иглокожие. Класс Cystoidea. Цистоиды, или морские пузыри.

Род *Echinosphaerites* (табл. IX, II, 3). Известковый шарообразный панцирь диаметром 3 см, состоит из многочисленных незакономерно расположенных многоугольных пластинок. На нижней стороне панциря имеется стебель, обычно небольшой. На противоположной стороне на небольшом возвышении находится ротовое отверстие. Недалеко от него располагается анальное отверстие, прикрытое пятью треугольными пластинками, образующими анальную пирамидку. Между ротовым отверстием и анальной пирамидкой наблюдается очень маленькое отверстие, служившее, вероятно, для газообмена или для выхода половых продуктов.

Представители рода прикреплялись ко дну при помощи стебля.

Распространение: средний — поздний ордовик.

Тип Hemichordata. Полухордовые.

Класс Graptoloidea. Граптолоиды. Отряд Ахопорфига. Осеносные.

Род *Diplograptus* (табл. IX, II, 4). Колония хитиноидная, состояла из нескольких ветвей, вдоль которых с двух сторон располагались ячейки с особями. Внешние края ветви зубчатые, так как устья ячеек расположены косо по отношению к ней. В месте схождения ветвей имелась пластинка, над которой находился пузырь (пневматофор), наполненный воздухом. Пузырь удерживал колонию в плавающем состоянии.

Название происходит от двухрядового расположения осей (греч. ди — два).

Распространение: ордовик — ранний силур, преимущественно ордовик.

§ 3. СИЛУРИЙСКИЙ ПЕРИОД

В течение силурийского периода структура земной коры претерпела весьма существенную перестройку, обусловленную каледонской складчатостью. В результате этой складчатости к концу периода на значительных участках ряда геосинклинальных областей геосинклинальный режим закончился и образовались новые структурные элементы: каледонские складчатые сооружения. Площадь геосинклинальных областей уменьшилась. С завершением каледонской складчатости физико-географические условия на земной поверхности значительно изменились. Это сказалось и на облике органического мира. В какой мере тектоническое развитие отразилось на особенностях климата, сказать пока трудно.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

В силурийском периоде происходила дальнейшая эволюция органического мира.

Из растений в морях были широко представлены водоросли, а в прибрежных участках — псилофитовые. Псилофиты по своему систематическому положению являются переходной группой между водорослями и папоротникообразными. В силурийских отложениях остатки псилофитов еще очень редки; значительно большее развитие они получили в следующем, девонском, периоде.

Среди беспозвоночных наступил расцвет замковых плеченогих. К числу наиболее распространенных плеченогих силурийского периода относятся роды *Conchidium*, *Pentamerus*, *Atrypa* и многие другие.

Значительного расцвета достигают колониальные коралловые полипы — табуляты (роды *Halysites*, *Favosites*) и четырехлучевые кораллы (род *Goniophyllum*).

Трилобиты в силурийском периоде представлены менее широко, чем в предыдущие периоды палеозоя; к концу рассматриваемого периода подавляющее их большинство вымерло. Наступил расцвет гигантских раков (*Eurypterus* и др.), а в мелководных бассейнах появились ostrакоды. Впервые на суше возникли наземные членистоногие — скорпионы и многоножки. В силурийском периоде продолжался расцвет головоногих, в частности наутилоидей (род *Orthoceras*).

В конце периода появились первые гониатиты. Заметно выросла роль двустворчатых и брюхоногих. Граптолиты на протяжении почти всего периода находились в расцвете своего развития. Особенно характерны среди них роды *Monograptus*, *Rastrites*, *Spirograptus* и др. К концу периода почти все граптолиты вымирают.

Из позвоночных продолжали существовать бесчелюстные. В силурском периоде появились хрящевые рыбы.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип Coelenterata. Кишечнополостные. Класс Anthozoa. Коралловые полипы. Подкласс Tabulata. Табуляты.

Род *Halysites* (табл. X; I, 1). Колонии кустистые, состоят из овальных в поперечном сечении кораллитов, срастающихся в однорядные цепочки, чем и обусловлено название *Halysites* (цепочечный коралл). Септы шиповидные, иногда отсутствуют. Днища горизонтальные.

Распространение: поздний ордовик (?) — ранний силур, поздний силур (?).

Род *Favosites* (табл. X; I, 2). Колонии массивные разнообразной формы: полусферической и дисковидной. Кораллы многоугольные, призматические, плотно прилегают друг к другу, напоминая в поперечном сечении соты (лат. фавус — медовые соты). Стенки кораллитов пористые. Днища горизонтальные, септы шиповидные или отсутствуют.

Распространение: силур — пермь.

Тип Hemichordata. Полухордовые. Класс Graptolithina. Граптолиты. Отряд Axoporphora. Осеносные.

Род *Monograptus* (табл. X; I, 3). Колония хитиноидная, состоит из одной прямой или слабоизогнутой ветви. Ячейки с особями расположены на ветви в один ряд — «однорядный» граптолит (греч. моно — один). Ячейки с расширенным основанием тесно примыкают или налегают друг на друга, их устья вытянуты наподобие хобота и загнуты вниз. Представители рода вели планктонный или псевдопланктонный образ жизни. Черные сланцы, содержащие колонии рода *Monograptus* и другие формы граптолитов, получили название граптолитовых сланцев.

ПОЗДНИЙ ПАЛЕОЗОЙ

Поздний палеозой подразделяется на три периода: девонский, каменноугольный и пермский.

К концу раннего палеозоя уменьшилось разнообразие трилобитов, граптолитов, древних иглокожих, табулят, на-

утилоидей. Поздний палеозой — время пышного расцвета наземной растительности, появления и развития сухопутных позвоночных. В морях появились первые аммоидеи (гениатиты), широко распространенные четырехлучевые кораллы, мшанки, фузулиниды, замковые брахиоподы — спирифиды, продуктиды.

Изменения в составе органического мира на рубеже раннего и позднего палеозоя были вызваны тектоническими движениями конца раннего палеозоя (каледонским орогенезом), приведшими к сокращению морских водоемов и установлению континентальных условий на больших площадях.

§ 4. ДЕВОНСКИЙ ПЕРИОД

В течение девонского периода не происходит существенных изменений в распределении и очертаниях основных структурных элементов земной коры, сложившихся к началу девона. Это было связано со слабым развитием в девоне складкообразовательных процессов.

План климатической зональности продолжает сохраняться близким к тому, который предполагался и для более древних периодов палеозоя, но выявляется он значительно увереннее. Все теплые и умеренные климатические зоны были смешены в северное полушарие (в современном понимании).

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Органический мир девонского периода характеризуется значительным по сравнению с предыдущими ордовикским и силурийским периодами обеднением фауны беспозвоночных животных. Так, отходят на задний план цистоидеи, наутилоиды и трилобиты, вымирают все граптолиты, за исключением рода *Dictyonema*, который продолжал существовать до раннекаменноугольной эпохи. Ведущая роль принадлежит в нем иным группам животных, а именно брахиоподам, гониатитам и рыбам.

Значительного прогресса в развитии достигла наземная растительность. Раннедевонская и среднедевонская эпохи характеризуются широким распространением псилофитов, которые достигли в это время наибольшего расцвета. В позднедевонскую эпоху примитивная псилофитовая растительность вымирает и уступает место более высокоорганизованной флоре папоротникообразных (плауны, хвоши и папоротники). Водная флора девонского периода представлена теми же группами водорослей, что и в силурском периоде.

Важнейшей группой животного мира по разнообразию,

многочисленности и стратиграфическому значению являются брахиоподы. Среди них широко развиты высокоорганизованные представители замковых со спиральными ручными поддержками (роды *Atrypa*, *Cyrtospirifer* и др.).

Наибольшее значение имеют также головоногие моллюски, представленные новой группой из подкласса аммоноидей — гониатитами. Гониатиты весьма разнообразны и многочисленны во всех эпохах девона и наряду с брахиоподами имеют основное стратиграфическое значение. Среди гониатитов характерны роды *Clymenia*, *Timanites*, *Manticoeras* и др.

Многочисленны в девонском периоде одиночные (род *Calceola*) и колониальные (род *Cyathophyllum*) четырехлучевые кораллы. Продолжают свое развитие табуляты, среди которых особенно распространен род *Favosites*. Табуляты, четырехлучевые кораллы, а также строматопоры, принимают в девоне участие в образовании рифовых построек.

На протяжении девонского периода продолжалась дальнейшая эволюция позвоночных. Наибольшего расцвета достигли панцирные рыбы; к концу периода они полностью исчезли. Широкое развитие получили двоякодышащие и кистеперые рыбы. В девонских отложениях найдены отпечатки следов и кости стегоцефалов. Это первые наземные позвоночные животные.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Cephalopoda*. Головоногие. *Ectocochlia*. Наружнораковинные. Подкласс *Ammonoidea*. Аммоноиды. Отряд *Agoniatitida*. Агониатиты.

Род *Timanites* (табл. X, II, 4 а, б, в). Раковина дисковидная, сжатая с боков, гладкая, инволютная (объемлющая), с заостренной наружной стороной. Лопастная линия агониатитового типа и состоит из заостренных лопастей и широких округлых седел.

Распространение: поздний девон.

Тип *Brachiopoda*. Брахиоподы. Класс *Articulata*. Замковые.

Род *Ladogia* (табл. X, II, 1 а, б). Раковина известковая, неравностворчатая, с низкой незагнутой макушкой, с резко выраженным синусом и седлом.

Форма раковины тетраэдрическая, очертание треугольное. Брюшная створка вблизи лобного края вогнутая, спинная — сильно вздутая. Синус широкий, окруженный, захватывает всю ширину брюшной створки и соответствует широкому и двухскатному седлу спинной створки. Раковина несет тонкие и густо расположенные радиальные струйки и концентриче-

ские линии нарастания. Под макушкой брюшной створки находится форамен, два зуба и зубные пластинки. Спинная створка несет маленькие крючки для поддержки рук. Прикрепленный бентос.

Распространение: средний — поздний девон.

Род *Atrypa* (табл. X, II, 3 а, б). Раковина известковая, округлой формы с сильно выпуклой спинной створкой и в противоположность большинству брахиопод плоской или слабо выпуклой брюшной. Выпуклость спинной створки связана со своеобразным строением ручного аппарата. Макушка брюшной створки, как и у всех брахиопод, возвышается над спинной. Под макушкой уплощенной брюшной створки имеется небольшое круглое отверстие — форамен. На спинной створке находится ручной аппарат в виде двух известковых спиральных конусов, обращенных вершинами к ее середине, а основанием — в сторону брюшной створки.

Наружная поверхность раковины с радиальными ребрами и пластинчатыми линиями нарастания. У переднего края створок иногда развит синус и седло. Прикрепленный бентос.

Распространение: силур — ранний карбон.

Род *Cyrtospirifer* (табл. X, II, 2 а, б). Раковина известковая, крупных размеров, трапециевидная, у замочного края вытянута в ширину.

Брюшная створка более выпуклая, чем спинная. Синус брюшной створки глубокий, седло плоское. Брюшная створка с хорошо выраженной ареей, углы ее оттянуты в длинные ушки. Под выступающей макушкой брюшной створки на арее выделяется треугольное отверстие для выхода ножки — дельтирий. На внутренней поверхности брюшной створки два зуба, от которых отходят короткие зубные пластинки. Ручной аппарат в виде двух длинных спиральных известковых конусов, направленных своими вершинами к боковым сторонам створок. Поверхность каждой из створок покрыта радиальными ребрами.

Распространение: поздний девон — ранний карбон.

Тип Psilopsida. Псилофитовые.

Род *Psilophyton* (табл. X, II, 5). Имеет вид небольших кустиков с тонкими вильчаторазветвляющимися стеблями. Листья и настоящие корни отсутствовали. Вместо корней имелась подземная часть стебля, или корневище. На стеблях некоторых форм наблюдаются колючки, которые, возможно, выполняли функции листьев. Стебель псилофитовых имел проводящую ткань, что выдвигает их в разряд сосудистых наземных растений.

Распространение: ранний и средний девон.

§ 5. КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕРИОД

В раннекаменноугольную эпоху в основных чертах сохраняется то распределение платформенных и геосинклинальных областей, которое установилось с конца силурийского периода после каледонской складчатости. С начала среднекаменноугольной эпохи, в связи с усилением орогенических движений на ряде участков геосинклинальных областей, возникают герцинские складчатые области. Общая площадь геосинклинальных областей сокращается, и структура земной коры испытывает дальнейшее усложнение. Герцинские горноскладчатые сооружения образуются в Средиземноморском, Атлантическом и Урало-Монгольском геосинклинальных поясах. Изменение структуры земной коры оказывает влияние на палеогеографическую обстановку и облик животных и растений.

Характер климатической зональности начиная с каменноугольного периода заметно изменяется. Предполагают, что плоскость экватора занимала положение, более близкое к современному его расположению. Южный полюс находился несколько южнее южной оконечности Африки, а Северный — в районе расположения Алеутских островов. Заслуживает внимания географическое расположение каменноугольной флоры (см. ниже).

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

В составе органического мира каменноугольного периода группы животных и растений раннего палеозоя не характерны. Еще до наступления каменноугольного периода вымирают древнейшие представители наземной флоры — псилофиты, в начале карбона вымирают последние граптолиты, почти полностью теряют свое значение трилобиты и гигантские раки, резко уменьшаются по количеству представителей наутилоидей.

Эти древние группы животных и растений сменяются новыми представителями, придающими органическому миру каменноугольного периода своеобразный позднепалеозойский облик.

Растительный мир каменноугольного периода отличается большим богатством. Наземная флора захватывает в это время огромные площади на поверхности континентов. Она представлена различными группами споровых растений: плауновидными, членистостебельными и папоротниковидными (класс бессемянных, или папоротников). К концу периода значительно распространяются представители более высокоорганизованного класса растений — древние группы голосемянных (семянные папоротники и кордайты).

Наиболее своеобразными и широко распространенными каменноугольными растениями были так называемые лепидофиты (чешуйчатостволовые) — древняя вымершая группа из типа плауновидных. В отличие от современных плаунов — мелких травянистых растений — древние плауновидные были крупными деревьями. Они имели высокие прямые лишенные ветвей стволы, которые в верхней части дихотомически разветвлялись, образуя густые кроны. Стволы лепидофитов были густо усажены мелкими листьями, которые легко отпадали, оставляя после себя характерные рубцы, обуславливающие чешуйчатость коры. Отсюда и название этой группы плауновидных — чешуйчатостволовых. Отдельные представители рассматриваемой группы древних плауновидных отличаются своеобразием рисунка коры. Наиболее широко распространенными представителями древних плауновидных были роды *Lepidodendron* и *Sigillaria*.

Второй не менее важной группой каменноугольных споровых растений были каламиты и клинолистные, относящиеся к типу членистостебельных. Это тоже древовидные растения, которые внешне напоминали современные хвоши. Характерной особенностью всех членистостебельных является разделение стебля узлами на отдельные части — междуузлия и мутовчатое расположение листьев, развитых на узлах. Листья членистостебельных ланцетные, клиновидные, кора стебля гладкая или ребристая. Внутри стебля хорошо развита сердцевина, которая с возрастом обычно разрушается, и стебель становится полым. Из этой группы в каменноугольных слоях широко распространены представители рода *Calamites*. Нередки близкие к хвощам клинолистные (*Sphenophyllum*).

Раннекаменноугольная растительность отличается большим однообразием, но уже начиная со среднего карбона это однообразие растительного покрова континентов нарушается, и все более отчетливо начинают выявляться отдельные флористические области, что было обусловлено различными климатическими поясами того времени. По данным советского палеоботаника А. Н. Криштофовича, с середины каменноугольного периода на земной поверхности обособляются три основные флористические области: 1) северная умеренная — область тунгусской флоры, охватывающая Северную Европу и Азию, 2) тропическая область — Северная Америка, юг Европы и Азии, 3) южная умеренная — область гондванской флоры (Южная Америка, Южная Африка, Индия и Австралия).

Флора тропической области характеризовалась развитием крупных лепидофитов (лепидодендронов), древовидных папоротников и крупных хвощей (каламитов), тогда как в двух других областях преобладали кордайты и мелкорослые

папоротники. Среди последних в южной области широко развился род *Glossopteris*. По имени этого папоротника флора южного пояса получила название глоссоптериевой.

Значительным своеобразием по сравнению с предшествующими периодами палеозойской эры отличался и животный мир каменноугольного периода. Одной из наиболее важных и характерных групп беспозвоночных животных каменноугольного периода являлись крупные фораминиферы со сложно построенной и спирально завитой раковинкой, относящиеся к семейству фузулинид. В каменноугольных отложениях раковинки фузулинид, встречаясь в массовом количестве, нередко являются породообразующими и имеют большое стратиграфическое значение. Наиболее распространенные формы этого семейства — роды *Fusulina* и *Schwagerina*.

Из числа других беспозвоночных в каменноугольном периоде сохранили большое значение плеченогие, табуляты, четырехлучевые кораллы и гидроидные. Из табулят наиболее обычным является род *Syringopora*. Среди четырехлучевых кораллов кроме одиночных (род *Caninia*) встречается большое количество колониальных форм: роды *Lonsdalia*, *Lithostrotion* и *Lithostrotionella*. Табуляты, гидроидные и четырехлучевые кораллы по-прежнему строят рифы.

Характернейшей чертой этого периода является исключительное развитие семейства продуктид, особенно рода *Productus*. Этот род встречается в очень большом видовом разнообразии и служит одной из важнейших руководящих форм. Не менее часты и разнообразны представители семейства спириферид (род *Coristites* и др.).

Существенным элементом морской фауны каменноугольного периода являются иглокожие. В начале каменноугольного периода вымирают последние представители древней группы стебельчатых иглокожих (цистоидеи, карпоидеи, текоидеи). Среди иглокожих достигают расцвета бластоиды. Многочисленны и разнообразны морские лилии (род *Poterocrinus*). В большом количестве встречаются правильные морские ежи (род *Archaeocidaris*). Заметную роль начинают играть мшанки, некоторые семейства которых являются рифообразующими (*Fenestellidae*).

Из типа моллюсков в каменноугольном периоде, как и в предыдущие периоды палеозоя, преобладающее значение имел класс головоногих, а именно аммоноидеи с простым строением перегородок (агониатиты). Роль других классов моллюсков — пластинчатожаберных и брюхоногих в это время невелика. Среди брюхоногих можно отметить представителей родов *Bellerophon* и *Euomphalus* с плоско завитой раковиной.

Из трилобитов еще встречаются два-три рода, которые окончательно вымирают в нижней перми. В каменноугольных

отложениях отмечается обилие остатков насекомых, нередко достигавших значительных размеров — до 70 см размах крыльев (стрекозы). Большое развитие класса насекомых было обусловлено, по-видимому, благоприятными климатическими условиями и пышным расцветом наземной растительности.

В каменноугольный период быстро эволюционируют позвоночные. Значительно разнообразнее становятся рыбы. Сильно увеличивается количество и разнообразие акуловых. Совершенно исчезают панцирные рыбы. Известны многочисленные остатки стегоцефалов (панцирноголовых), и обнаружены первые достоверные находки еще редких рептилий.

Для морских отложений карбона наибольшее стратиграфическое значение как руководящие формы ископаемых имеют остатки крупных фораминифер (фузулинид), плечоногих, кораллов, а также гониатитов. Для стратиграфической корреляции континентальных отложений карбона большое значение имеют остатки наземной растительности.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип Protozoa. Простейшие. Класс Sarcodina. Саркодовые. Подкласс Foraminifera. Фораминиферы. Отряд Fusulinida. Фузулинида.

Род *Fusulina* (греч. *fusus* — веретено) (табл. XI, 1). Раковина известковая веретеновидная, обычно сильно вытянутая по оси навивания, многокамерная, спирально-плоскостная, инволютная. Перегородки на всем протяжении обычно характеризуются правильной складчатостью; попарное соприкосновение складок соседних перегородок образует вторичные камеры ромбической формы. Устье одно, вдоль него имеются различно развитые дополнительные утолщения. Стенка пористая, трех- или четырехслойная. Известняки, сложенные в основной массе раковинами рода *Fusulina* и близких родов, получили название фузулиновых, они широко распространены среди отложений каменноугольной системы. Распространение: средний и поздний карбон.

Тип Coelenterata. Кишечнополостные. Класс Anthozoa. Коралловые полипы. Подкласс Tabulata. Табуляты.

Род *Syringopora* (греч. *syringos* — трубка, *poros* — отверстие) (табл. XI; 6). Колонии кустообразные, состоят из изолированных цилиндрических, несколько изогнутых трубочек — кораллитов, имеющих округлое сечение. Кораллиты соединяются между собой с помощью тонких трубочек, располагающихся незакономерно. Септы шиловидные, как правило, многочисленные. Днища воронкообразные. Наружная

поверхность ячеек обнаруживает поперечные кольцевые вздутия и перетяжки.

Распространение: ордовик — ранняя пермь, преимущественно карбон.

Подкласс *Tetracorallia*, или *Rugosa*. Четырехлучевые кораллы, или ругозы.

Род *Lithostrotion* (табл. XI, 5 а, б). Колония массивная из плотно примыкающих друг к другу многоугольных кораллитов. Септы разной длины: большие септы нередко достигают столбика, малые вдвое или втройе короче больших. Септы характеризуются прерывистостью, на периферии они обычно доходят до стенок. Столбик отчетливый, пластинчатый. Днища приподняты к столбiku. Пузырчатая ткань почти у всех видов хорошо развита, распространяясь на длину малых септ.

Распространение: карбон.

Класс *Hydrozoa*. Гидроидные. Отряд *Chaetetida*. Хететиды.

Род *Chaetetes* (табл. XI, 4). Колония массивная, состоит из плотно прилегающих многоугольных тонких капиллярных трубок. Стенки соседних ячеек слиты. В кораллитах развиты многочисленные днища, но отсутствуют какие-либо септальные образования. Имеются общие плоскости перерыва роста колонии, расслаивающие ее на скорлуповатые пластины различной толщины.

Распространение: средний девон — карбон, преимущественно карбон.

Тип *Brachiopoda*. Брахиоподы. Класс *Articulata*. Замковые.

Род *Gigantoproductus* (табл. XI, 3). Раковина известковая крупная, сильно вытянутая в ширину, резко неравностворчатая, с выпуклой брюшной и плоской или вогнутой коленчатой спинной створкой. Передние края обеих створок, вытягиваясь параллельно друг другу, образуют шлейф. Наружная поверхность раковин радиально-ребристая и, как правило, у переднего края радиально-складчатая. На поверхности брюшной створки имелись шипы, с помощью которых раковина прикреплялась к посторонним предметам. В ископаемом виде они не сохраняются, о их присутствии свидетельствуют бугорки на поверхности створки. Арея, зубы и отверстие для ножки отсутствуют. Замок редуцирован, состоит из замочного отростка спинной створки. Ручной аппарат отсутствует. Представители рода свободно лежали на дне на брюшной створке.

Распространение: ранний карбон.

Род *Choristites* (табл. XI, 2). Раковина известковая, округлая, сильно вздутая, почти шарообразная с нерезким

синусом на брюшной и седлом на спинной створке. Наружная поверхность с радиальными ребрами. Брюшная створка имеет широкую и высокую арею и треугольный дельтирий под клювовидно изогнутой макушкой. На внутренней поверхности этой створки четко выражены два зуба и зубные пластинки, расположенные почти параллельно. Ручной аппарат в виде известковых коротких спиральных конусов, расходящихся в стороны.

Распространение: карбон — ранняя пермь, преимущественно средний карбон.

Тип *Lycopsida*. Плауновидные. Порядок *Lepidodendrales*. Лепидодендровые.

Род *Lepidodendron* (табл. XI, 8) имел ствол, достигавший высоты 40 м и более при поперечнике у основания до 2 м. Ветвление дихотомическое. Молодые части ветвей тесно усажены узкими линейными или ланцетовидными листьями. С более старых частей ветвей и ствола листья опадали и на поверхности ветвей или ствола оставались основания листьев — листовые подушки. В ископаемом состоянии чаще встречается кора. Кора у рода *Lepidodendron* покрыта выпуклыми листовыми подушками ромбической или веретенообразной формы, расположенными по спирали. Посредине или ближе к верхнему концу подушечки располагался листовой рубец — место отпадения листа.

Распространение: карбон, преимущественно средний карбон.

Род *Sigillaria* (табл. XI, 7) имел прямой ствол высотой до 25—30 м, диаметром 1 м. Ветвление ограничивалось обычно дихотомическими разветвлениями верхушки. Настоящих листовых подушечек у сигиллярий нет или они слабо выражены. Листовые рубцы расположены прямо на коре вертикальными рядами, а также на вертикальных ребрах, разделенных прямыми или извилистыми желобками.

Распространение: карбон — ранняя пермь.

Как лепидодендроны, так и сигиллярии имели в основании ствола толстые дихотомически ветвящиеся корнеобразные части. Эти корневидные образования носят названия стигмарий.

Тип *Arthropsida* (*Sphenopsida*). Членистостебельные. Порядок *Equisetales*. Хвощевидные.

Род *Calamites* (табл. XI, 9) — древовидные растения до 10—30 м высоты и до нескольких десятков сантиметров толщины. На поверхности ствола в междуузлиях протягивались ребристые утолщения. Внутри стволы были полыми с перегородками в узлах. Стенки полости тонкие, ребристые. В ископаемом виде остатки стволов каламитов чаще всего из-

вестны в виде внутренних ядер, на стенках которых отображены особенности стенок полости. Листья каламитов узкие, сидячие, собранные в мутовки.

Распространение: карбон.

§ 6. ПЕРМСКИЙ ПЕРИОД

К концу пермского периода в основном завершается развитие герцинской складчатости. В пределах Урало-Тяньшаньской, Монголо-Охотской, Средиземноморской, Кордильерской и Восточно-Азиатской геосинклинальных областей возникли новые складчатые структуры.

Пермский период — это период наибольшего развития континентальных условий за всю палеозойскую эру.

План климатической зональности, расположение плоскости экватора и полюсов в пермском периоде в целом были аналогичны карбоновому. В связи с этим можно говорить о едином позднепалеозойском плане климатической зональности.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Органический мир пермского периода имел много общего с органическим миром каменноугольного периода, но отличался от него рядом новых своеобразных черт.

Существенно изменился характер наземной растительности. В раннепермскую эпоху она имела еще позднекаменноугольный облик. С середины пермского периода характер наземной флоры меняется: исчезают лепидодендроны, сагилярии, каламиты, многие папоротники. На смену им развиваются различные голосемянные растения: древние хвойные, цикадовые, гингковые. Флора позднепермской эпохи утрачивает типичные палеозойские черты и приобретает облик, характерный для растительности мезозойской эры, в составе которой преобладающая роль от споровых растений переходит к голосемянным.

Таким образом, если устанавливать геохронологию на основании развития флоры, то оказывается, что мезозой начинается приблизительно на половину периода раньше. Это объясняется тем, что флора быстрее отзыается на изменение условий существования по сравнению с фауной.

Из беспозвоночных по-прежнему важная руководящая роль принадлежит плеченогим; из них наибольшее распространение имели семейства продуктид и спириферид. Широко распространены крупные фораминиферы из семейства фузилинид. Слабее развиты четырехлучевые кораллы и табуляты. Рифообразующими организмами в пермских морях стали мшанки (роды *Fenestella*, *Polypora*). Из аммоноидей на-

ряду с гониатитами, разнообразие форм которых к концу периода начинает уменьшаться, появляются первые цератиты — формы с более сложно построенными перегородками, знаменующие новый этап в эволюционном развитии этой группы животных. Среди аммоидей наибольшее развитие получил род *Medlicottia* и др. Значительно возросла роль пелеципод, особенно для континентальных пресноводных водоемов.

Большие изменения произошли в составе фауны позвоночных. Среди рыб наблюдаются разнообразие и многочленность акуловых. Из наземных позвоночных в расцвете находились земноводные, представленные отрядом панцирноголовых (стегоцефалов). Большое развитие получает класс пресмыкающихся, представленный своеобразными древними группами звероподобных рептилий и так называемых котилозавров. Типичным представителем последних был парейязавр.

К концу пермского периода произошло вымирание ряда представителей палеозойской фауны: совершенно исчезают фузулиниды, вымерли последние трилобиты, четырехлучевые кораллы, табуляты, исчезли бластоиды и древние морские ежи, полностью вымирают гониатиты, продуктиды. Вымершие палеозойские группы животных сменяются новыми, дальнейшее развитие которых происходит уже в мезозое.

Нет сомнения, что обновление органического мира на границе палеозойской и мезозойской эр стояло в прямой связи с крупнейшими изменениями структуры земной коры и рельефа земной поверхности, которые являлись следствием сильных орогенических движений, не затухавших на протяжении каменноугольного и пермского периодов. Эти орогенические движения привели к созданию герцинских горных сооружений Западной Европы, Урала, некоторых горных систем Средней Азии и др. Все это сказалось на физико-географическом облике земной поверхности, а следовательно, и на условиях жизни.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Cephalopoda*. Головоногие. Группа *Ectocochlia*. Наружнораковинные. Подкласс *Ammonoidea*. Аммоидеи. Отряд *Agoniatitida*. Агониатиты.

Род *Medlicottia* (табл. XII, I, 1a, б). Раковина инволютная с очень высокими оборотами, которые полностью перекрывают друг друга, так что пупок практически отсутствует. Поперечное сечение с уплощенными боковыми сторонами и очень узкой брюшной стороной, по середине которых проходит борозда, ограниченная двумя гладкими килями. Большинство лопастей двураздельно расчлененное, а седла высокие цельные. Соседние лопастные линии очень близко

подходят друг к другу, нередко соприкасаясь между собой, или даже несколько заходят друг в друга.

Распространение: пермь.

Тип *Bryozoa. Mшанки.*

Род *Fenestella* (табл. XII, I, 2). Колония сетчатая, состоящая из почти прямых параллельных прутьев и узких перекладин между ними, в результате чего образуются ряды овальных отверстий. Ячейки с мелкими округлыми устьями находятся только на одной стороне прутьев, располагаясь в два ряда и обычно разделяясь низким срединным килем, несущим один-два ряда бугорков. Ячейки в основании расширены и отделены от узкой устьевой части неполными перегородками, благодаря чему ротовая часть полипа скрыта (отсюда название отряда, к которому принадлежит род *Fenestella*, — *Cryptostomata* — скрыторотые).

Сетчатые колонии рода *Fenestella* и ряда других родов мшанок иногда столь многочисленны, что породу называют мшанковым известняком.

Распространение: ордовик — пермь; преимущественно девон — карбон.

Глава 12

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРА

Органический мир мезозоя был весьма своеобразным. В это время широкое распространение получили из морских беспозвоночных аммониты и белемниты, из позвоночных — крупные наземные и водные рептилии. Растительный мир был представлен голосемянными, а к концу эры покрытосемянными растениями.

Мезозойская эра общей продолжительностью 165—170 млн. лет, делится на три периода: триасовый, юрский и меловой.

На протяжении мезозойской эры сформировались обширные складчатые сооружения Верхояско-Колымской области, Сихотэ-Алиня, Северо-Американских складчатых гор и др. Мезозойская эра ознаменовалась также возникновением огромных океанических впадин — Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океана.

§ 1. ТРИАСОВЫЙ ПЕРИОД

В триасовом периоде продолжают существование материков Ангарида и Гондвана, а также Тихоокеанские геосин-

клинальные пояса и восточная часть Средиземноморского геосинклинального пояса.

С триасового периода устанавливается климатическая зональность, близкая к современной.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Органический мир триасового периода характеризуется, с одной стороны, проявлением ряда новых мезозойских форм, с другой — сохранением в составе флоры и фауны некоторых палеозойских признаков.

В наземном растительном мире триасового периода основное место занимали голосемянные: хвойные, саговиковые и гингковые. Довольно широко представлены папоротники; другие споровые растения были выражены слабо.

Животный мир этого периода, имевший в общем мезозойский облик, сохранил в своем составе и некоторых представителей позднепалеозойской фауны. К последним относятся ортоцератиты, брахиоподы из семейства спириферид, панцирноголовые (стегоцефалы), звероподобные рептилии. Представители этих групп заканчивают существование в конце триасового периода.

Новые группы беспозвоночных животных представлены: шестилучевыми кораллами, правильными морскими ежами, морскими лилиями, аммоноидеями со сложным строением перегородок (так называемые цератиты и собственно аммониты). Из брахиопод характерны также представители родов *Terebratula* и *Rhynchonella*. С начала триаса значительно увеличивается в фауне моря роль двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Среди морских беспозвоночных главенствуют аммоноидеи и двустворчатые моллюски. Из характерных для триаса представителей аммоноидей можно отметить род *Ceratites*, а из двустворчатых моллюсков роды *Monotis* и *Daonella*. Среди позвоночных ведущее место занимают новые, типично мезозойские группы пресмыкающихся. Триасовые пресмыкающиеся к концу периода достигли значительного разнообразия и подразделялись на типичных для мезозоя наземных ящеров (динозавры), водных ящеров (первые ихтиозавры и плезиозавры) и первых летающих ящеров (птерозавры).

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип Mollusca. Моллюски. Класс Bivalvia. Двустворчатые моллюски.
Отряд Dysodonta. Беззубые.

Род *Monotis* (табл. XII, II, 2 а, б). Раковина средних размеров, косоovalьного очертания. Макушки приближены к переднему краю. Левая створка слабовыпуклая, правая — плоская. Смычной край прямой, короче наибольшей шири-

ны раковины. Задние ушки развиты лучше, чем передние. Скульптура радиально-ребристая, одинаковая на обеих створках. Мускульный отпечаток один. Представители рода *Monotis* вели прикрепленный образ жизни, прирастая ко дну с помощью биссуса, выходящего через вырез в маленьком переднем ушке правой створки.

Распространение: поздний триас.

Класс Cephalopoda. Головоногие. Группа Ectocochlia. Наружнораковинные. Подкласс Ammonoidea. Аммоноиды. Отряд Ceratitida. Цератиты.

Род *Ceratites* (табл. XII, II, 1a, b, в). Раковина достигает крупных размеров. Обороты сильно объемлющие, так что последующий оборот закрывает около половины предыдущего. Пупок ясно очерченный, умеренно широкий. Наружная поверхность раковины с редкими грубыми радиальными ребрами, выраженным на боковой стороне в виде выступов и быстро затухающими на брюшной стороне. Лопастная линия цератитовая.

Распространение: триас.

§ 2. ЮРСКИЙ ПЕРИОД

Характерной чертой структурного плана земной коры к началу юрского периода являлось существование обширных стабилизированных массивов — Ангариды и Гондваны, возникших в результате причленения к древним платформам каледонских и герцинских складчатых областей. Ангарида и Гондвана разделились широкой Средиземноморской геосинклинальной областью. Две другие геосинклинальные области — Кордильерская и Восточно-Азиатская — окаймляли Ангариду и Гондвану с запада и востока. Этот план определился к концу палеозоя, и основные его черты в течение триасового и юрского периодов не нарушались. В конце позднеюрской эпохи и начале мелового периода проявились орогенические движения на некоторых участках Средиземноморской, Восточно-Азиатской и Кордильерской геосинклинальных областей. В Европе эти движения называются новокиммерийскими, в Америке — андийскими, или невадскими. Климат в юрском периоде в общем был на больших пространствах довольно теплым и влажным. Хорошо прослеживаются тропический и субтропический пояса, переходящие к югу и северу в умеренные.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

В органическом мире юрского периода нашли свое наиболее полное выражение все характерные особенности животного и растительного мира мезозойской эры.

В растительном мире господствуют различные группы голосемянных: хвойные, гинкговые, цикадовые; широко распространены папоротники (род *Cladophlebis*) и хвоши. Флора юрского периода на всей поверхности земли была довольно однообразной и свидетельствовала о существовании равногого, мягкого климата на обширных участках всех континентов. Благодаря исключительному богатству юрской флоры с отложениями этого возраста связаны угольные залежи.

Типично мезозойский облик имела фауна беспозвоночных юрского периода. К началу юрского периода вымирают цератиты и исключительное развитие получают формы со сложным строением перегородок (собственно аммониты). Среди них можно назвать такие характерные роды, как *Virgatites*, *Craspedites*, *Cardioceras*, *Perisphinctes* и др.

Весьма разнообразно представлена и вторая типично мезозойская группа головоногих — белемниты, которые в триасовых отложениях встречаются редко. Среди белемнитов юры наиболее характерны роды *Cylindroteuthis*, *Pachyteuthis* и др. В юрском периоде впервые появляется новая, характерная для мезозоя группа иглокожих — так называемые неправильные морские ежи. Широкое распространение получают новые морские лилии. Дальнейшим развитием характеризуются различные группы двустворчатых моллюсков (род *Aucella* и др.), шестилучевые кораллы и насекомые. Шестилучевые кораллы принимали участие в образовании рифов в пределах Средиземноморской области. Среди брахиопод преобладают роды *Terebratula* и *Rhynchonella*, последние спирифериды вымирают в начале периода.

Весьма характерным для мезозойской эры, и в частности для юрского периода, является исключительно широкое развитие рептилий. Они представлены и наземными, и водными, и летающими ящерами. Среди морских рептилий достигают расцвета ихтиозавры и плезиозавры, среди наземных ящеров — динозавры. В верхнеюрских отложениях найдены остатки первых птиц — роды *Archaeopteryx* и *Archaeornis*, но это были еще ненастоящие птицы, а переходные формы от рептилий к птицам. Остатки млекопитающих в юрских отложениях очень редки и, как в триасе, принадлежат к древним вымершим группам животных, близких к современным сумчатым.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Bivalvia*. Двустворчатые. Отряд *Dysodonta*. Беззубые.

Род *Aucella* (табл. XIII, I, 2 а, б). Раковина маленькая неравностворчатая, неравносторонняя, округленная, как правило, вытянутая в высоту. Левая створка более выпуклая, с

сильно загнутой макушкой; правая — почти плоская, с несколько отогнутой назад небольшой макушкой. Тонкая концентрическая скульптура. Связка внутренняя. Отпечаток переднего мускула значительно меньше отпечатка заднего или редуцирован. Представители рода вели неподвижный образ жизни на небольших глубинах, по-видимому, прикрепляясь к дну с помощью биссусных нитей.

Распространение: поздняя юра — ранний мел.

Класс Cephalopoda. Головоногие. Группа Ectocochlia. Наружнораковинные. Подкласс Ammonoidea. Аммоноиды. Отряд Ammonitida. Аммониты.

Род *Virgatites* (табл. XIII, I, 3 а, б, в). Раковина спирально-плоская с оборотами, перекрывающими друг друга примерно на половину высоты. Поперечное сечение высокое, овальное, с закругленной брюшной стороной и слабо выпуклыми боковыми. Пупок обычно относительно узкий. Наружная поверхность с пучками ребер (по 3—8 в каждом пучке). Свообразное ветвление ребер, присущее данному роду, получило название виргатитовое: ребра последовательно отделяются друг от друга, при этом передняя ветвь наиболее длинная, а каждая последующая все более и более короткая. На ранних оборотах наблюдаются ребра, разделяющиеся на две ветви или простые неразветвленные. Лопастная линия аммонитовая.

Распространение: поздняя юра.

Группа Endocochlia. Внутреннераковинные. Отряд Belemnitida. Белемниты.

Род *Cylindroteuthis* (табл. XIII, I, 1 а, б, в). Ростр длинный, цилиндрический, на заднем конце быстро суживающийся. По брюшной стороне проходит широкая и довольно глубокая борозда; в передней (альвеолярной) части ростра она уплощается. В задней и средней частях поперечное сечение обычно имеет спинно-брюшное сжатие. В передней части ростра характеризуется круглым сечением. Относительно глубокая альвеола занимает менее половины длины ростра. Некточные стеногалинные формы.

Распространение: поздняя юра.

Тип Pteropsida. Папоротниковые. Класс Filices. Папоротники.

Род *Cladophlebis* (табл. XIII, I, 4). Листья дважды или четырежды перистые, линейные, треугольные. Перышки прикреплены к стержню всей шириной основания, иногда в основании сужены или расширены, в очертании линейные, треугольные, к верхушке обычно сужены. Жилкование перистое: главная жилка отчетливая, в верхушке перышка разветвляется. Вторичные жилки более тонкие, ориентированы пол-

более или менее острый углом к главной, дугообразные, дихотомируют от одного до нескольких раз.

Распространение: юра — ранний мел.

§ 3. МЕЛОВОЙ ПЕРИОД

На протяжении мелового периода в результате завершения мезозойского тектонического этапа развития происходит полное оформление мезозойских геосинклинальных структур (мезозоид). Они возникли на месте Верхояно-Чукотской, Сихотэ-Алинской, Кордильерской, на востоке Средиземноморской геосинклинальных областей, т. е. в основном по окраинам тихоокеанского сегмента земной коры. К началу позднемеловой эпохи Гондванский материк распадается на отдельные крупные глыбы — Южно-Американскую, Африканскую, Индостанскую, Австралийскую и Антарктическую, а между ними оформляются впадины Индийского и южной части Атлантического океанов. Аналогичные процессы происходят на Ангариде, которая раскалывается на две части: Евразийскую и Северо-Американскую. Между ними закладывается впадина северной части Атлантического океана. Очевидно, с этим же временем связано заложение впадины Северного Ледовитого океана. Климатическая зональность в меловом периоде во многом аналогична юрской.

В позднемеловой эпохе в связи с развитием морских трансгрессий теплый влажный климат устанавливается на огромных пространствах (вплоть до Арктики). К концу периода вследствие проявления горообразовательных движений и общего поднятия материков климатические условия начинают меняться и устанавливаются климатические зоны, близкие к современным.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

Органический мир мелового периода, сохраняя общий типично мезозойский облик, обогащается появлением новых кайнозойских форм. Последнее особенно относится к флоре, которая на границе нижнего и верхнего мела существенно обновляется.

В раннемеловую эпоху растительность имеет еще типично мезозойский характер. В это время преобладают голосемянные растения, хотя некоторые группы их (гингковые) значительно обедняются. К концу раннего мела к рассматриваемому комплексу мезозойской флоры примешиваются покрытосемянные растения. С начала позднего мела флора покрытосемянных все более и более распространяется и в позднем мелу и кайнозое становится господствующей. Среди нее встречаются одно- и двудольные растения, но особенно мно-

гочисленны последние. Победа покрытосемянных над другими растениями связана с их более высокой организацией — появлением двойного оплодотворения, возникновением завязи, плодов, развитием сложной проводящей ткани и вегетативных органов.

Среди морских беспозвоночных мелового периода одно из первых мест продолжают занимать аммоноиды. Во второй половине периода роль их значительно уменьшается, а к концу периода они почти полностью вымирают. Аммоноиды мелового периода отличаются некоторыми своеобразными чертами. Среди них широко развиты формы, раковины которых не образуют обычной плотной плоской спирали, а имеют неправильное завивание раковины. Это либо прямые (род *Baculites*), либо полуразвернутые (роды *Crioceras*, *Scaphites*, *Macroscaphites*), либо свернутые в нисходящую спираль (род *Turrilites*). Эти необычные формы составляли, однако, лишь небольшую часть общей массы меловых аммоноидей, большинство которых, как и в юрское время, характеризовалось нормальными плоскоспиральнозавитыми раковинами. Наиболее характерные представители меловых аммоноидей — роды *Simbirskites*, *Hoplites*, *Schloenbachia* и др. Многочисленны и разнообразны белемниты (роды *Bellemlnitella*, *Actinocamax* и др.). Из наутилоидных головоногих часто встречается род *Nautilus*.

Весьма широкое распространение в меловое время получают пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски. Среди первых особенное значение имеют представители рода *Inoceramus*, отличающегося исключительным разнообразием форм; различные представители семейства устриц (роды *Ostrea*, *Gryphaea*, *Exogyra*), рудистов (толстозубые двустворчатые моллюски — род *Hippurites*) и многие другие. Представители рода *Inoceramus*, рудисты в конце позднемеловой эпохи вымирают и в более молодых отложениях не известны.

Широкое развитие получают неправильные ежи, впервые появляющиеся в середине юрского периода. К их числу относятся представители родов *Echinocorys*, *Micraster* и др. Широко распространены шестилучевые кораллы, среди которых встречаются как одиночные, так и колониальные формы (род *Actinastrea*). Часты восьмилучевые кораллы, впервые появившиеся, по-видимому, в триасе. В меловой период впервые в истории Земли достигает расцвета тип губок, представители которых являются не только породообразующими, но имеют весьма существенное стратиграфическое значение (род *Ventriculites*). Для позднего мела весьма характерны планктонные фораминиферы (глобигерины), которые принимали участие в образовании белого песчаного мела. Брахиоподы представлены родами, распространенными в юрском периоде.

Установленные для позднеюрской эпохи зоогеографические области (Средиземноморская и бореальная) четко обособлены и в меловом периоде. Первая из них характеризуется распространением аммонитов, из родов *Lytoceras* и *Phylloceras*, шестилучевых рифостроющих кораллов, а такжеrudистов. В бореальной области из аммонитов характерны *Simbirkites*, здесь же широким развитием пользуются инопирами и белемнителлы.

Среди позвоночных прочно удерживают господствующее положение рептилии. Особенного расцвета достигают наземные рептилии — динозавры. Среди них распространены гигантские динозавры (типа тиранозавров) и разнообразные птицетазовые растительноядные динозавры, к которым относятся двуногие игуанодоны, утконосые динозавры и четырехногие рогатые цератопсы. Среди птерозавров (летающие ящеры) распространены птеродактили. В морях жили крокодилы, водные черепахи, ихтиозавры, плезиозавры и kostистые лучеперые рыбы. В позднемеловых отложениях встречаются громадные змеевидные водные рептилии — мозазавры. Птицы пока еще остаются зубастыми. Появляются первые беззубые птицы. Млекопитающие, как и в юре, представлены низшими, примитивными формами.

Конец мелового периода знаменуется крупнейшими тектоническими движениями, отвечающими альпийскому орогеническому циклу. Этот орогенез привел к изменению условий жизни как на суше, так и в море и явился причиной массового вымирания ряда фаунистических групп. В конце мелового периода происходит вымирание всех аммонитов, основных групп белемнитов, многих родов пластинчатожаберных и брюхоногих и ряда типично мезозойских родов из других типов беспозвоночных. Совершенно исчезают динозавры, летающие ящеры, многие водные пресмыкающиеся (ихтиозавры, плезиозавры).

Таким образом, на границе мезозоя и кайнозоя органический мир претерпевает крупнейшие изменения и в следующей кайнозойской эре значительно обновляется.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Bivalvia*. Двустворчатые. Отряд *Dysoonta*. Беззубые.

Род *Gryphaea* (табл. XIII, II, 4). Раковина различных очертаний, чаще всего округленно-пятиугольная, резко неравностворчатая. Левая створка сильновыпуклая, с клювовидно загнутой макушкой и двумя боковыми крыльями, из которых заднее развито сильнее переднего, иногда совсем отсутствующего. Правая створка плоская или вогнутая. Раковина гладкая или со слабой концентрической пластинич-

тостью. Внутренняя связка располагается в углублении под макушкой. Мускульный отпечаток один, почти центральный; мантийная линия цельная. Представители рода свободно лежали на дне левой створкой.

Распространение: юра—мел, палеоген (?).

Класс Cephalopoda. Головоногие. Группа Ectocoelicia. Наружнораковинные. Подкласс Ammonoidea. Аммоидеи. Отряд Ammonitida. Аммониты.

Род *Simbirskites* (табл. XIII, II, 3 а, б, в). Раковина полувинволютная, иногда сильно вздутая, с оборотами, перекрывающими друг друга примерно на половину высоты. По-перечное сечение округленное, с широко закругленной брюшной стороной и выпуклыми боковыми сторонами, резко переходящими в крутую пупковую стенку. Высота оборота меньше ширины или почти равна ей. Пупок относительно узкий, глубокий. Наружная поверхность с ребрами, которые примерно на середине боковой стороны разветвляются на три. В месте ветвлений присутствует бугорок. Лопастная линия аммонитовая.

Распространение: ранний мел.

Группа Endocoelicia. Внутреннераковинные. Отряд Belemnitida. Белемниты.

Род *Belemnitella* (табл. XIII, II, 2). Ростр крупный, цилиндрической формы с коротким задним конусом, обычно заканчивающийся шипом. Альвеола достигает $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ длины ростра. Стенка альвеолы с брюшной стороны рассечена щелью. Поперечное сечение круглое. На поперечном расколе хорошо видно радиальное расположение кристаллов кальциита и концентрические линии роста. Наружная поверхность нередко несет отпечатки кровеносных сосудов, что является подтверждением внутреннего положения ростра. Нектонные стеногалинные формы.

Распространение: поздний мел.

Тип Echinodermata. Иглокожие. Класс Echinoidea. Морские ежи.

Род *Echinocorys* (табл. XIII, II, 1 а, б). Представитель неправильных морских ежей. Панцирь двусторонне-симметричный, высокий, с плоской овальной нижней стороной, на которой находится рот и анальное отверстие. Рот двугубый, перемещен к передней части нижней стороны панциря. Анальное отверстие смешено к ее задней части. Панцирь состоит из 20 меридиональных рядов пластинок: по два ряда в амбулакральных полях и по два в межамбулакральных. Пластинки амбулакральных полей несут по две поры для выхода амбулакральных ножек. Амбулакральные поля от верхушки панциря расширяются к нижней стороне. Поверхность

панциря несет многочисленные мелкие бугорки для игл. Бугорки нижней стороны несколько крупнее и, видимо, несли более длинные иглы. Представители рода были малоподвижными животными и, вероятно, зарывались в грунт, обитая в норках. Они собирали мелкие пищевые частицы, рассеянные в грунте, с помощью приrotовых амбулакральных ножек. Амбулакральные ножки, находившиеся на верхней стороне панциря, выполняли роль дыхания и осаждания.

Распространение: поздний мел — ранний палеоген.

Глава 13

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРА

Кайнозойская эра характеризуется дальнейшим изменением и усложнением структуры земной коры, а также органического мира.

На протяжении кайнозойской эры (67—70 млн. лет) проявилась альпийская (в пределах Средиземноморского геосинклинального пояса и по окраинам Тихого океана) эпоха складкообразования, которая продолжается и до настоящего времени.

Наряду со складчатостью в геосинклинальных поясах происходила перестройка мезозойских складчатых структур, а также докембрийских и эипалеозойских платформ. В результате структура земной коры еще больше усложнилась.

Характерной особенностью органического мира кайнозоя является расцвет покрытосемянных растений, млекопитающих и птиц на суше, двустворок и гастропод в море.

§ 1. ПАЛЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

На протяжении большей части палеогенового периода, длительностью 41 млн. лет, в альпийской зоне Средиземноморского пояса протекал собственно геосинклинальный этап развития. В конце эоцена — олигоцена здесь начинается орогенный этап развития — образуются горноскладчатые структуры Альп, Карпат, Кавказа и других альпийских структур. Орогенный этап развития в альпийском поясе продолжается и до настоящего времени.

Западно-Тихоокеанский и Восточно-Тихоокеанский геосинклинальные пояса до сих пор находятся на собственно геосинклинальном этапе развития. В палеогеновом периоде основная часть этих геосинклинальных систем находилась в состоянии активных погружений.

Климатические зоны палеогенового периода не были так резко разграничены, как сейчас.

Палеогеновый период характеризуется расцветом крупных фораминифер (нуммулитид), разнообразных роталиид и других мелких фораминифер, радиолярий, господством двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Фораминиферам принадлежала большая роль в породообразовании (например, нуммулитовые известняки). Из других групп беспозвоночных в палеогене известны морские ежи, кораллы, губки. В морях умеренных широт среди микроскопических организмов большое распространение получили кремневые водоросли (диатомеи). В связи с этим среди морских осадков палеогена широко развиты кремнистые породы — опоки и трепелы.

В начале кайнозоя на смену пресмыкающимся приходят сумчатые и плацентарные млекопитающие. В дальнейшем они приспособливаются к жизни на деревьях (древние приматы), в морях (киты, дельфины, моржи) и к полету в воздухе (летучие мыши). Для конца палеогена характерен индрикотерий (гигантский безрогий носорог).

В растительном мире господство принадлежит покрытосемянным. В зависимости от климатических условий выделилось несколько фитогеографических областей. В палеогене вдоль побережья Тихого океана (Северная Америка, восточное побережье Азии, Австралия) шли процессы угленакопления.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип Protozoa. Простейшие. Класс Sarcodina. Саркодовые. Подкласс Foraminifera. Фораминиферы. Отряд Nummulitida. Нуммулитиды.

Род *Nummulites* (табл. X, IV, I, 1а, б, в, г). Раковина известковая, многокамерная, спирально-плоскостная, инволютная, монетовидная, т. е. сильно скатая по оси навивания, обычно очень крупная — до 3—10 см. На продольном сечении можно наблюдать, как каждый последующий оборот полностью объемлет предыдущий. На поперечном сечении видна спираль, состоящая из многочисленных оборотов, разделенных перегородками на большое количество камер. Строение стенок и перегородок сплошное, они пронизаны многочисленными каналцами. Подвижный бентос. Скопления раковин образуют нуммулитовый известняк.

Распространение: поздний мел — палеоген, преимущественно средний палеоген (эоцен).

Тип Mollusca. Моллюски. Класс Gastropoda. Брюхоногие.

Род *Turritella* (табл. X, IV, I, 2). Раковина спирально завитая, башенковидная, с большим числом оборотов, сопри-

касающихся между собой и образующих сплошной столбик. Наружная поверхность несет только спиральные ребра. Устье цельное, округленное, без сифонального канала. Формы растительноядные, вели подвижной образ жизни в морях с нормальной соленостью.

Распространение: мел — ныне, преимущественно поздний палеоген и ранний неоген.

§ 2. НЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

На протяжении неогенового периода, 25 млн. лет, в геосинклинальных поясах того времени с новой силой проявились складчатость и горообразование, придавшие альпийским горным сооружениям в основном современный облик. Это высокие и самые молодые горы на земной поверхности. Одновременно с проявлением альпийского горообразования к северу от альпийской зоны на обширном Азиатском материке проявился эпиплатформенный орогенез, продолжающийся и в настоящее время. В результате чего от Тянь-Шаня и до Станового хребта возник глыбовый высокогорный пояс, по высоте не уступающий альпийским горным сооружениям.

В начале периода в Западной Европе и на юге Восточно-Европейской платформы существовал субтропический климат. К северу от этой зоны, вплоть до Гренландии, климат был умеренным. В плиоценовую эпоху климат в Европе стал континентальным, умеренным. В конце неогенового периода наступило похолодание и климатическая обстановка стала походить на современную.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

В морской фауне неогена, как и палеогена, широко представлены двустворки (особенно гетеродонты) и брюхоногие, за ними по обилию форм следуют морские ежи, мшанки (род *Membranipora*). Мшанки принимают участие в формировании рифов (Керченский и Таманский полуострова). Среди двустворок и брюхоногих много современных родов (*Cardium*, *Mactra*, *Venus*, *Tapes*, *Congeria* и др.), но они были выражены иными видами.

Среди рыб преобладают костищные. Большим разнообразием в неогеновом периоде отличались млекопитающие: широко распространены семейства хищных,копытных и хоботовых.

Зоogeографические области неогенового периода в общих чертах были сходны с современными, но отличались очертаниями своих границ и размерами. Изоляция континента Ав-

стралии привела к сохранению там сумчатых и клоачных и к отсутствию плацентарных млекопитающих.

Наблюдается дальнейшее развитие покрытосемянных растений. В течение неогена развивается теплоумеренная флора, сходная с флорой Закавказья, Японии. К концу неогена облик флоры приближается к современному. В северных районах формируется растительность тундры, почти вся Сибирь была покрыта тайгой, в Европе и Северной Америке появляются травянистые равнины, выделяются области с тропической и субтропической растительностью и области с листо-падной флорой.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Bivalvia*. Двустворчатые. Отряд *Heterodontia*. Разнозубые.

Род *Mactra* (табл. XIV, II, 1 а, б). Раковина средних или крупных размеров, округлая или овально-треугольная, равносторчатая, неравносторонняя с макушками, несколько приближенными к переднему краю. Створки килеватые, так как от макушки к заднему концу раковины протягивается перегиб, отделяющий уплощенную заднюю поверхность. Замок хорошо развит. В правой створке имеются два кардинальных зуба и по два передних и задних боковых; в левой створке количество зубов вдвое меньше, кардинальный зуб всегда расщеплен. Раковина гладкая, реже со слабой концентрической скульптурой. Имеется связка двух типов (внутренняя и наружная) и два мускульных отпечатка равной величины. Мантийная линия с небольшим хорошо выраженным синусом.

Представители рода могут неглубоко зарываться в грунт, часто меняя свое местопребывание. Формы морские и соловноватые.

Распространение: эоцен — ныне.

Род *Cardium* (табл. XIV, II, 2 а, б). Раковина маленьких или средних размеров, овальная, округленно-четырехугольная, со слабо смешенными вперед макушками. При смыкании створок раковина сбоку имеет сердцевидную форму, с чем связано название рода. Створки несут радиальную скульптуру. Нижние края створок зазубренные изнутри. Зубной аппарат представлен двумя различно выраженными кардинальными зубами; в правой створке имеются впереди и сзади по два боковых зуба, а в левой — по одному. Имеются отпечатки двух мускулов равной величины. Мантийная линия цельная.

Представители рода неглубоко зарываются в грунт, могут ползать по дну или передвигаются прыжками. Формы теплолюбивые.

Распространение: неоген — ныне.

Класс Gastropoda. Брюхоногие.

Род *Cerithium* (табл. XIV, II, 3). Раковина спирально завитая от удлиненно-яйцевидной до башенкообразной. Завиток высокий. Скульптура с четкими тонкими спиральными ребрами и бугорчатыми осевыми вздутиями. Устье овальное с коротким косым сифональным каналом в нижней части. Наружная губа утолщена. Род пользуется широким распространением в неогеновых отложениях юга СССР.

§ 3. АНТРОПОГЕННЫЙ, ИЛИ ЧЕТВЕРИЧНЫЙ, ПЕРИОД

Антропогеновый период — самый короткий из всех периодов геохронологической шкалы (его продолжительность около 0,7—1,7 млн. лет). Одним из важнейших событий этого периода было крупнейшее оледенение северного полушария. Вторым событием явилось появление и развитие в конце периода человека и его культуры.

Основные черты современной геологической структуры земной коры образованы к началу четвертичного периода.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР

В течение антропогена формировалась современная морская фауна и флора. Изменение климата в северном полушарии — периодические похолодания и потепления (чредование ледниковых и межледниковых эпох) привели к миграции животного и растительного мира.

В странах умеренного пояса были широко распространены слоны и настоящие носороги, среди которых мамонт и шерстистый носорог приспособились к жизни у края ледника. По краю ледника произрастала тундровая флора. Южнее простиралась субарктическая степь, покрытая травами и низкими кустарниками. Далее от ледника сохранились лесные массивы, в которых большую роль играли сосна, ель и пихта. Вместе с сосной росли береза и осина. Южнее располагалась полоса широколиственных лесов (дуб, бук, липа, граб, клен). Растительность межледниковых эпох была близка к современной.

Среди водных организмов особенно большим разнообразием и обилием отличались двустворчатые и брюхоногие. Некоторые роды и виды четвертичных двустворчатых и брюхоногих вымерли и служат важными руководящими ископаемыми. К ним относятся некоторые виды из родов *Cardium*, *Didacna*, *Venus*, *Dreissensia*, *Pecten*, *Mya* и др. В морях четвертичного периода, как и в современную эпоху, обитали кораллы, морские ежи, морские лилии, губки и др.

Однако среди ископаемых организмов четвертичного периода наиболее широко известны наземные животные и растения. Это обусловлено тем, что четвертичные эпиконтинен-

тальные моря занимали незначительные участки земного шара, а континентальные осадки этого периода хорошо сохранились.

РУКОВОДЯЩИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Тип *Mollusca*. Моллюски. Класс *Bivalvia*. Двустворчатые. Отряд *Heterodontia*. Разнозубые.

Род *Didacna* (табл. XV, 1а, б, в). Раковина маленьких или средних размеров. Створки округленно-треугольные, нередко килеватые, со слабо смещенными вперед макушками. Скульптура в виде радиальных ребер. Замок редуцирован и представлен двумя различно выраженным кардинальными зубами, а боковые зубы отсутствуют или слабо развиты только в правой створке. Имеются отпечатки двух мускулов равной величины. Мантийная линия плохо заметная, цельная. Представители рода неглубоко зарывались в грунт.

Распространение: поздний неоген — ныне. Характерен для солоноватых бассейнов Понто-Каспийской области.

Род *Venus* (табл. XV, 2а, б). Раковина толстостенная, равносторчатая, округленно-треугольная, с макушками, приближенными к переднему краю и наклоненными вперед. Створки имеют концентрические ребра. Замок представлен тремя хорошо развитыми в каждой створке кардинальными зубами и плохо выраженным боковым зубом, которые иногда отсутствуют. Имеются наружная связка и отпечатки двух мускулов примерно равной величины. Мантийная линия с небольшим угловатым синусом. Современные представители рода неглубоко зарываются в илистые и песчаные грунты, часто переползая с места на место.

Распространение: олигоцен — ныне. Наиболее характерен для Черноморского бассейна.

Отряд *Dysodonta*. Беззубые.

Род *Pecten* (табл. XV, 3а, б, в, г). Раковина крупных, реже средних размеров, округлая, с хорошо выраженным почти равными ушками. Переднее ушко правой створки несет вырез для биссуса. Створки неравной величины: правая — выпуклая, левая — плоская или вогнутая. Наружная поверхность раковины покрыта грубыми радиальными ребрами. Мускульный отпечаток один, он располагается в центре или смещен к заднему краю. Мантийная линия цельная, далеко отстоящая от края раковины.

Представители рода свободно лежали на дне на более выпуклой правой створке или передвигались прыжками, хляпая створками. Формы теплолюбивые, встречаются в морях как с нормальной, так и с пониженней соленостью.

Распространение: юра — ныне.

Раздел VI

ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ С ДЕШИФРИРОВАНИЕМ АЭРОФОТОСНИМКОВ

Глава 14

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОМОРФОЛОГИИ

§ 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОМОРФОЛОГИИ. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИИ ДЛЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Геоморфология — наука, изучающая рельеф Земли, его морфологию, происхождение, развитие и географическое распространение (от греч. *geo* — земля, *morphe* — форма и *logos* — учение). Геоморфология изучает рельеф материков и дна океанов и морей.

Рельеф представляет собой совокупность неровностей или форм поверхности Земли. Крупные формы земной поверхности называют *мегаформами*. К ним относятся горы и равнины, распространенные как на материках, так и в океанах. В пределах крупных форм рельефа выделяются менее значительные формы — *макроформы* и *мезоформы*. К макроформам относятся возвышенности, хребты, речные долины, подводные каньоны и др. Примером мезоформ могут служить террасы, конусы выноса, обвалы, оползни, моренные холмы и т. д. К самым мелким формам рельефа (микроформам) относятся рывины, ячей выдувания, карстовые воронки и т. д.

Основными задачами геоморфологии являются:

1) изучение внешних черт (морфологии) рельефа, формы и размеров отдельных неровностей; 2) выяснение происхождения (генезиса) рельефа; 3) определение возраста рельефа; 4) изучение распространения отдельных форм и комплексов форм на земной поверхности.

Рельеф Земли формируется под действием внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) факторов. К эндогенным факторам, обусловленным внутренней энергией Земли, относятся тектонические движения и магматизм. В результате тектонических движений созданы как крупные формы рельефа земной поверхности — материки и океаны, горы и равнины, так и совсем незначительные — тектонические уступы, трещины. Магматической деятельностью созданы такие формы рельефа, как вулканы, лавовые плато, потоки и др.

Рельеф, созданный эндогенными процессами, подвергается непрерывному преобразованию и разрушению процессами, обусловленными внешними факторами: солнечной энергией, воздействием атмосферы, притяжением Луны и др. К экзогенным процессам относятся выветривание, работа рек, морей, озер, ветра, льда, снега и др. Экзогенные процессы создают такие формы рельефа, как речные долины, морские равнины, ледниковые покровы и т. д.

Таким образом, рельеф земной поверхности от самых крупных форм до самых мелких представляет собой результат воздействия экзогенных процессов на неровности, созданные эндогенными процессами.

Распределение почвенного и растительного покрова как крупных регионов, так и небольших участков поверхности Земли во многом зависит от рельефа. Правильное определение происхождения и возраста рельефа позволяет понять историю формирования, развития и определить возраст почв. Отсюда становится очевидным важное значение геоморфологии для почвоведения. С другой стороны, почвенный и растительный покров влияют на развитие рельефа, в частности его сохранность. Так, почвенный и растительный покров предохраняют формы рельефа от разрушения, например, склоны долин от размыва, песчаные формы от разевания ветром и т. д.

§ 2. ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА

В изучении рельефа как в полевых, так и в камеральных условиях с большим успехом применяются аэрофотоснимки. При дешифрировании аэрофотоснимков можно выяснить общие черты строения рельефа той или иной территории, определить генезис, а иногда и возраст рельефа. Часто дешифрирование аэрофотоснимков позволяет выделить такие формы рельефа, которые при полевых исследованиях могут быть незамеченными. На основе изучения рельефа по аэрофотоснимкам может быть составлена предварительная геоморфологическая карта, которая в процессе полевых исследований уточняется и дополняется.

Для правильного определения генезиса рельефа какой-либо территории необходимо отдешифрировать все формы рельефа, развитые в ее пределах. Для этого необходимо знать дешифровочные признаки — особенности формы, рисунка и фототона, позволяющие распознавать геоморфологические объекты на аэрофотоснимках.

Глава 15

РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА

Основным источником экзогенных процессов является солнечная радиация. Она определяет климатические особенности поверхности Земли, однако тепло на Земле распределяется неравномерно. Это предопределяет существование планетарной климатической зональности. При движении от полюсов к экватору наблюдается последовательная смена холодных поясов и зон умеренными, теплыми и жаркими.

Климатический фактор играет важную роль в формировании рельефа. Он определяет характер экзогенных процессов той или иной зоны, под действием которых формируется рельеф. В связи с этим каждая климатическая зона характеризуется вполне определенным комплексом форм рельефа, созданным присущими этой зоне экзогенными процессами.

Рассмотрим рельеф, обусловленный климатом, развитый на территории СССР, и приведем некоторые дешифровочные признаки, на основании которых те или иные разновидности рельефа можно определять по аэрофотоснимкам.

§ 1. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ (ШИРОТНАЯ) КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Арктическая зона является самой северной зоной. Она относится к арктическому климатическому поясу. В нее входят острова Северного Ледовитого океана — Северная Земля, Новая Земля (сев. часть), Новосибирские острова, Земля Франца-Иосифа и др. На материке к этой зоне относится узкая полоса суши на п-вах Ямал и Таймыр.

Холодный климат арктической зоны является причиной того, что почти вся ее поверхность покрыта льдом и снегом. Это ледяная пустыня, основные формы рельефа которой созданы льдом. Лед перекрывает коренные породы и образует ледниковые щиты, ледяные купола, из которых спускаются выводные ледники. Некоторые из них достигают моря и образуют плавучие льды. Среди льда темными пятнами возвышаются нунатаки — массивы коренных пород, обтекаемые со всех сторон льдом. Около них на поверхности льда и у концов ледников развиты холмистые гряды морен, которые выделяются узкими и темными полосами на белом фоне льда (рис. 13).

На пологих склонах, свободных от льда, наблюдаются глыбовые развалы и плащи щебня, образующиеся в результате выветривания. В основании крутых склонов продукты

выветривания образуют осыпные шлейфы, состоящие из слившихся конусов осыпания. На аэроснимках они имеют более светлую окраску, чем коренные породы, и струйчатый рисунок, за счет развития желобов осыпания, по которым обломочный материал скатывается вниз.

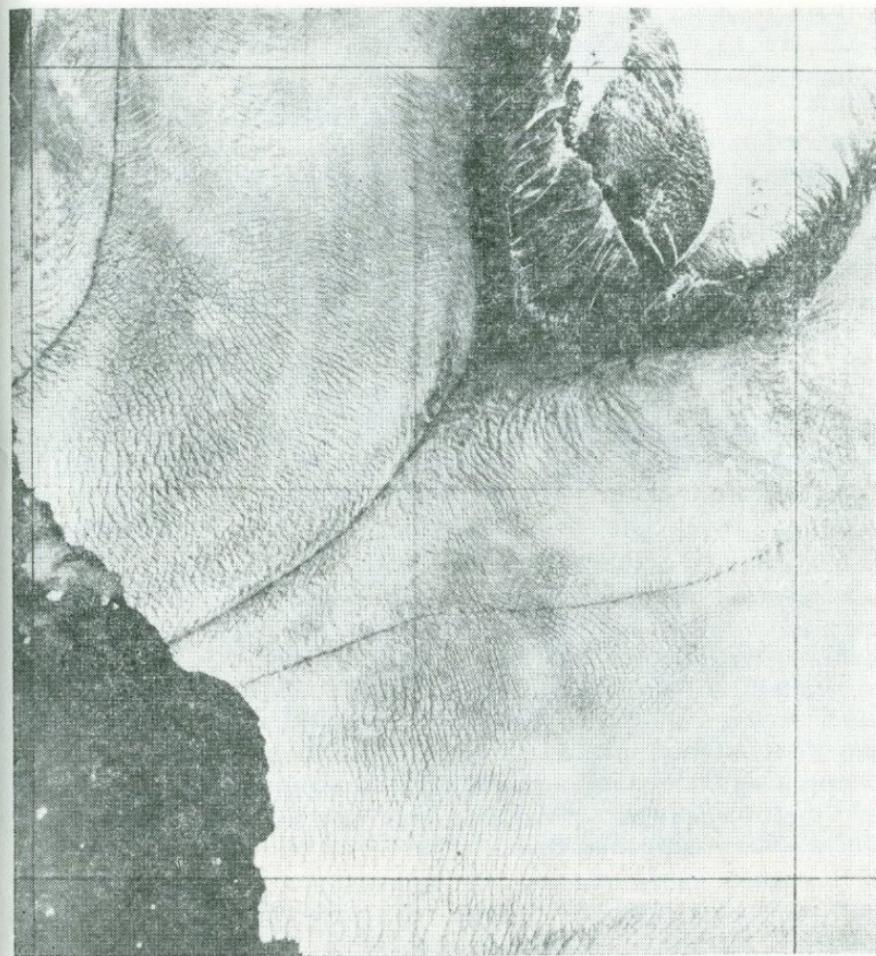


Рис. 13. Арктическая зона. Два сливающиеся ледника, концы которых обрываются в море. Поверхность льда изборождена трещинами, имеющими сетчатый рисунок. Темные узкие продольные полосы — срединные морены. Вверху справа — массив коренных пород, обтекаемый ледниками,— нунатак. Его поверхность покрыта снегом, а склоны изрезаны гравитационными желобами (белые из-за снега полосы), по которым обломочный материал скатывается вниз

Тундра входит в субарктический климатический пояс; она протягивается широкой полосой вдоль северного побережья европейской и азиатской частей СССР, захватывая

южную часть Новой Земли и некоторые острова северных морей.

С холодным климатом тундры связано широкое развитие постоянной (многолетней) мерзлоты, которая определяет основные рельефообразующие процессы и формы рельефа этой зоны. Непосредственно с мерзлотой связаны гидролакколиты — куполовидные формы, образованные пучением льда. На аэрофотоснимках гидролакколиты выделяются небольшими округлыми светлыми пятнами.

Крупные формы рельефа тундры (речные долины) обычно плоские, слабоврезанные, с интенсивно меандрирующими руслами, заболоченной поймой. Иногда все лето в них сохраняются наледи. Последние выделяются в виде белых полос, или пятен, развитых в пределах поймы. Слоны долин выражены не четко и постепенно сливаются с водоразделами, имеющими слабохолмистый рельеф, образованный древними ледниками отложениями — моренами.

На склонах речных долин в тундре развиты формы, связанные с процессом течения оттаявшей верхней части грунта — солифлюкцией. Это солифлюкционные потоки, натеки, небольшие терраски, которые на снимках распознаются по характерному мелкопятнистому и гофрированному рисунку. Более крутые склоны покрыты деллями — неглубокими плоскодонными ложбинами, образующимися при расчленении склонов плоскостным смытом в условиях развития мерзлоты. Делли придают склонам полосчатый или струйчатый рисунок, хорошо видимый на аэрофотоснимках.

Микроформы рельефа тундры также связаны с мерзлотой. Это морозобойные трещины и полигоны растрескивания (многоугольники), образующиеся в результате попеременного замерзания и оттаивания грунта. На аэрофотоснимках они имеют сетчатый рисунок (рис. 14); широко распространены на поймах и террасах рек.

В южной части тундры, где происходит деградация (таяние) мерзлоты, широко развит термокарстовый рельеф, связанный с вытаиванием подземного льда. Он представлен западинами, воронками, заполненными водой, заболоченными или осушеными. Наиболее крупные из них и плоские называются аласами. Пространство между понижениями занято болотами. На аэрофотоснимках этот рельеф выделяется в виде различной формы и размеров темных и светлых пятен (см. рис. 15). На склонах крупных котловин, занятых озерами, видны террасообразные уступы — следы высокого стояния воды. Очень часто на склонах долин или возвышенностей воронки деформируются в результате солифлюкционного оползания, приобретая сплющенную, вытянутую перпендикулярно склону форму.

Между тундрой и расположенной южнее лесной зоной выделяется переходная зона — лесотундра. Климат этой зоны более мягкий, по сравнению с тундрой, что позволяет существовать на отдельных участках лесной растительности. Рельеф лесотундры в общих чертах сходен с тундровым, но

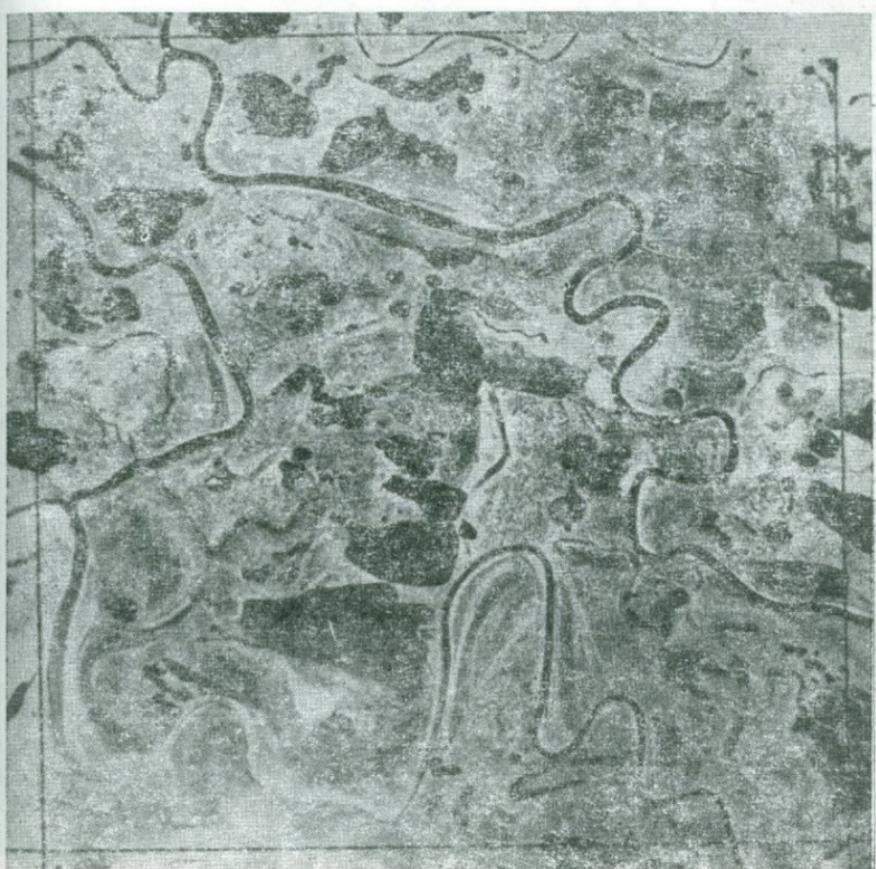


Рис. 14. Тундра. Меандрирующая река. Темные пятна различной формы — термокарстовые воронки и западины, заполненные водой. Светлая и серая окраска остальной поверхности обусловлена развитием болот. Сетчатый рисунок имеют морозобойные трещины и полигональные грунты

более широко развиты термокарстовые формы и болота, так как мерзлота развита еще широко. Болота выделяются на аэрофотоснимках серым цветом и разнообразным микрорисунком, зависящим от типа растительности.

Южнее тундры и лесотундры располагается ряд зон, относящихся к умеренному поясу. Это лесная, степная, пустынная и переходные между ними лесостепная и полупустынная зоны. Все эти зоны широко развиты на территории СССР.

Лесная зона занимает большие пространства как в европейской, так и в азиатской частях СССР. Климатические условия зоны постепенно сменяются при движении с севера на юг и в связи с этим в зоне выделяются подзоны хвой-

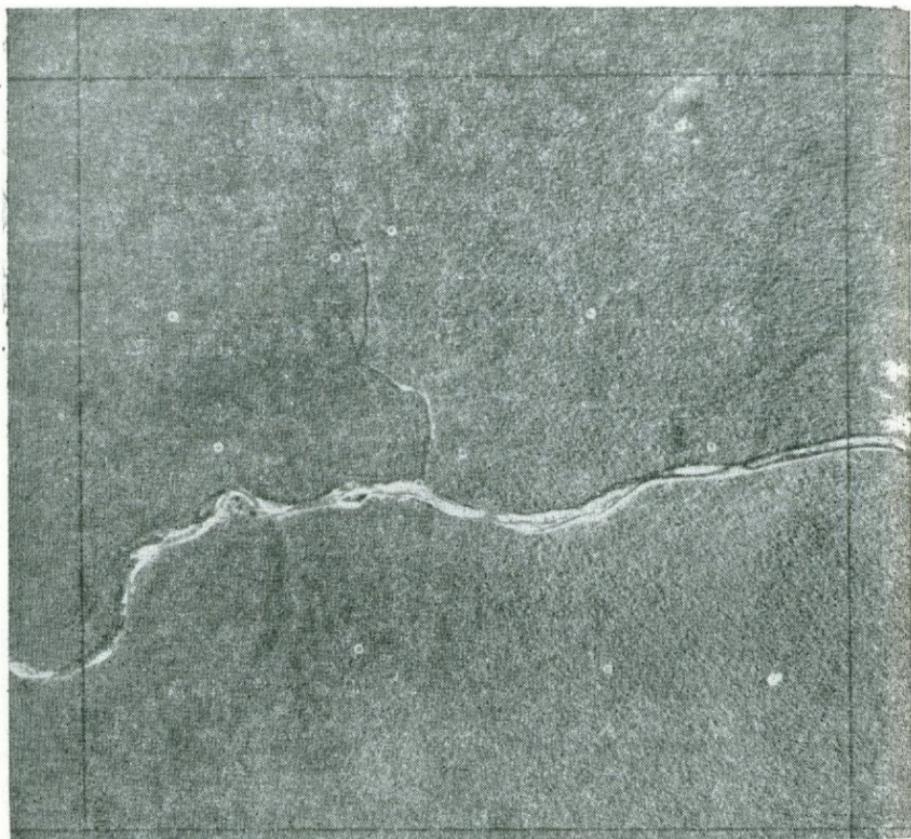


Рис. 15. Лесная зона. Поверхность покрыта лесом. Светлая извилистая полоса — русло реки. Справа и слева темные понижения — овраги и долина ручья

ных (таежных), смешанных и широколиственных лесов. Однако основная особенность климата — значительное увлажнение — сохраняется во всех подзонах и определяет преимущественно эрозионное происхождение рельефа.

Рельеф лесной зоны формируется под действием эрозии постоянных и временных потоков. Основные формы рельефа этой зоны — долины рек и ручьев, а также овраги. В местах сплошной залесенности овраги и долины небольших ручьев на аэрофотоснимках распознаются с трудом на основании

изменения тона и рисунка растительного покрова. Русла рек и крупных ручьев выделяются светлыми нитевидными или более широкими извилистыми контурами (рис. 15, 15 а).

На плоских или слабо волнистых междуречьях лесной зоны сохраняются реликтовые формы ледникового и водоно-ледникового генезиса в виде холмов, гряд или озер. На севере

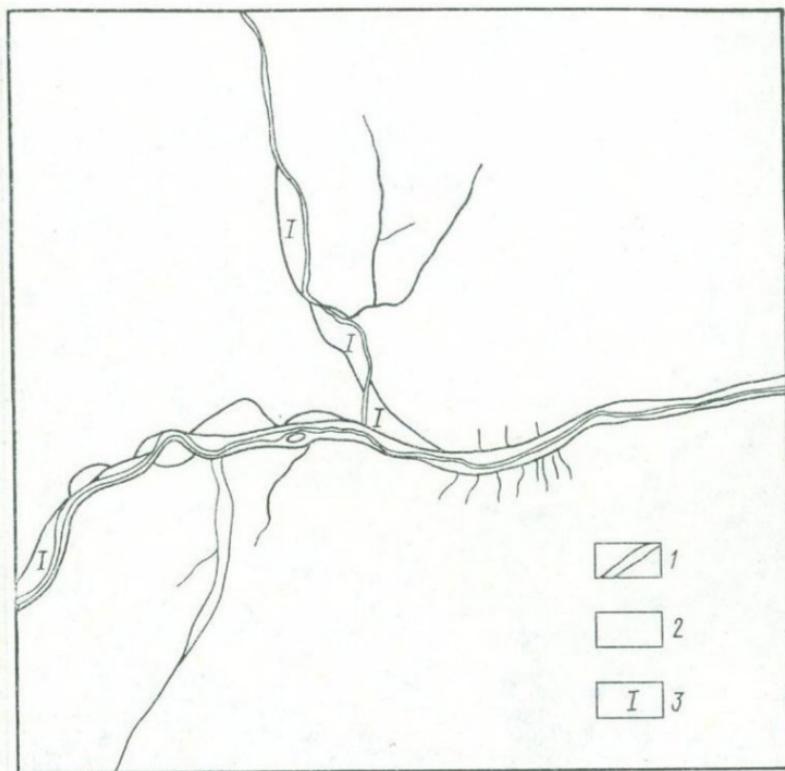


Рис. 15а. Схема дешифрирования к рис. 15:
1—русло, 2—пойма (узкая полоса вдоль реки), 3—I терраса

таежной подзоны в виде островов развита вечная мерзлота и формы рельефа, обусловленные ею термокарстовые воронки, болота, бугры пучения, солифлюкционные потоки.

Лесостепная зона развита в центре европейской части СССР и на Дальнем Востоке. Рельеф этой зоны в целом полого-холмистый, расчлененный эрозией рек и временных потоков. Леса приурочены к оврагам и отдельным участкам водоразделов (рис. 16). Большая часть поверхности этой зоны распахана. Крупные реки, пересекающие эту зону, имеют широкие долины с террасами и поймой. Склоны долин расчленены различной глубины оврагами, реже бал-

ками — широкими плоскодонными оврагами. На крутых склонах долин часто наблюдается оползневой рельеф в виде бугристых масс; на пологих склонах развиты делювиальные покровы, сглаживающие уступы террас.

Междуречные пространства лесостепной зоны слабоволнистые, перекрытые делювием и покровными лессовидными

6.



6.

Рис. 16. Лесостепная зона. Слабоволнистый плоский рельеф, с водоразделами, сложенными мореной днепровского оледенения и перекрытыми лессовидными суглинками; широко развиты глубокие овраги и балки, склоны которых пологие, заросшие лесом

суглинками. Местами на водоразделах сохраняются древние ледниковые формы рельефа в большинстве случаев сглаженные. Лишь крупные пологие понижения (древние ложбины стока ледниковых вод) еще выражены в рельефе. На отдельных участках к ним приурочены современные овраги и долины ручьев; кое-где на их днищах сохраняются озера или болота.

Степная зона распространена на юге СССР от Карпат до Алтая. Основные климатические особенности зоны заключаются в резкой континентальности и небольшом количестве осадков.

Рельеф зоны формируется главным образом под действием эрозии временных и постоянных рек, плоскостного смыва и деятельности ветра. Долины рек, пересекающие эту зону, имеют ширину несколько километров, так как из-за отсутствия лесов в долинах преобладает боковая эрозия. Пологоволнистые междуречные пространства расчленены широкими плоскими балками, лощинами и оврагами, склоны которых изрезаны более мелкими эрозионными формами — бороздами и рытвинами. На склонах и водоразделах широко развиты делювиальные шлейфы и покровы лессовидных суглинков. В пределах развития последних встречаются суффозионные воронки, образующиеся в результате вымывания пылеватых частиц подземными водами и проседания вышележащих отложений. Кроме суффозионных воронок встречаются плоские понижения — поды, формы, связанные с просадкой и последующим выдуванием ветром. И те и другие формы выделяются на аэрофотоснимках округлыми пятнами, светлыми или темными в зависимости от степени увлажнения.

Пустынная и полупустынная зоны развиты по южной окраине умеренного пояса. Жаркий и сухой климат этих зон накладывает своеобразный отпечаток на все рельефообразующие процессы.

Среди пустынь в зависимости от состава пород, на которых они развиваются, выделяются песчаные, глинистые и каменистые. В песчаных пустынях (Каракумы, Кызылкумы, Муюнкумы) рельеф является эоловым. Под действием ветра образованы наиболее распространенные формы песчаных пустынь — барханы и гряды (рис. 17). Барханы всегда ориентированы поперек направления преобладающих ветров. Они имеют форму полумесяца, с рогами, обращенными по ветру, крутой подветренный и пологий наветренный склон. Своеобразная форма барханов позволяет достаточно уверенно выделять их на аэрофотоснимках. Гряды — формы, вытянутые продольно по отношению к ветру, могут состоять из многих слившихся барханов. На аэрофотоснимках они выделяются волнистыми или прямолинейными полосами и протягиваются на многие километры. Помимо барханного и грядового рельефа в пустынях встречается грядово-лунковый и лунковый рельеф, формирующийся при одновременном существовании ветров нескольких направлений. Поверхность крупных эоловых форм часто покрыта микроформами, связанными с выдуванием ветром — ячейми и сотами, дающими соответствующий рисунок на аэрофото-

снимках. В местах, где поверхность песков закреплена кустарником, на аэрофотоснимках наблюдается точечный рисунок.

Кроме эоловых в песчаных пустынях встречаются эрозионные формы, представленные современными и древними су-



Рис. 17. Песчаная пустыня. Широкое развитие барханов, имеющих серповидную форму. Выпуклые стороны барханов ориентированы на ЮЗ. Пологие склоны (наветренные) — светлые, крутые (подветренные) — темные, находятся в тени. На склонах барханов развиты микроформы выдувания, имеющие полосчатый рисунок. Многочисленные темные точки, которыми «исколота» поверхность песка, — кустарник. Наблюдаются развитие гряд, хотя и не совсем отчетливо выраженных. Гряды имеют СЗ—ЮВ направление и состоят из слившихся барханов (на снимке север вверху)

хими руслами. На их днищах часто развиты такыры — ровные растрескавшиеся на многоугольники поверхности, обраzuющиеся при высыхании воды, а также солончаки. И такыры, и солончаки имеют белый цвет на аэрофотоснимках и сетчатый или решетчатый рисунок полигонов.

Глинистые пустыни сложены суглинками или гли-

нами. Они развиты на обширных пространствах равнин, преимущественно у подножий гор, сложенных песчано-глинистыми и мергелистыми породами (Копетдаг).

Поверхность глинистых пустынь однообразно плоская, иногда пологонаклоненная от гор. Она неглубоко расчленена

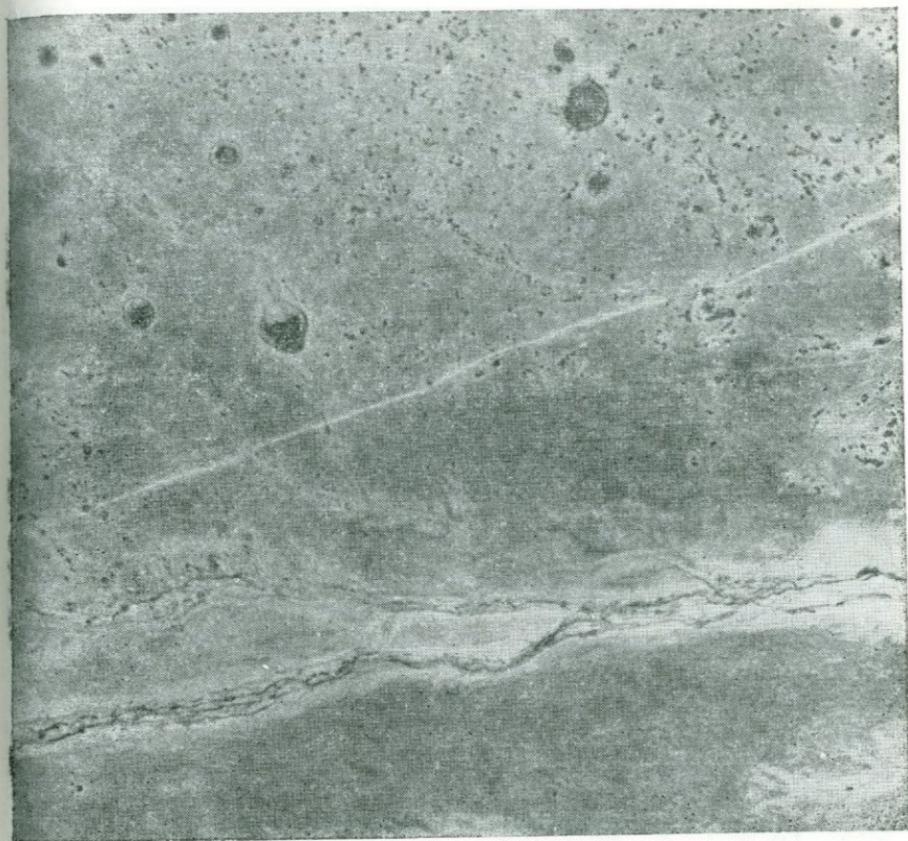


Рис. 18. Глинистая пустыня. Плоская, слабо расчлененная поверхность. Сухие русла выделяются светлыми или темными извилистыми линиями. Темные крупные округлые пятна — суффозионные воронки. Более мелкие пятна неправильной формы — кустарник. Прямая светлая линия — дорога

на сухими руслами временных потоков, выделяющимися на снимках извилистыми нитями, то расходящимися, то сходящимися вместе. Часто русла прерываются суффозионными воронками, выраженным на аэрофотоснимках темными окружными пятнами (рис. 18). В пониженных и наиболее плоских участках рельефа глинистых пустынь развиты такыры или солончаки, образующиеся вследствие высыхания весенней воды. Солончаки и такыры легко развеиваются ветром и

на их месте возникают замкнутые понижения — соры или шоры.

Каменистые пустыни развиты на приподнятых участках равнин, где коренные породы близко подходят к поверхности. К такого типа пустыням относятся Красноводское плато, Устюрт, восточная часть Бетпак-Далы.

Поверхность каменистых пустынь покрыта щебнем и более крупными обломками пород, являющимися продуктами выветривания. Обломочный материал сверху покрыт темным пустынным загаром, а иногда карбонатными или гипсовыми корами, защищающими обломки от дальнейшего разрушения. Общий равнинный характер рельефа нарушается останцами столовых гор иногда с причудливыми формами выдувания и крутыми обрывистыми уступами — «чинками». У подножия последних развиты гравитационные формы — бугристые обвальные и оползневые образования. На поверхности щебнистых равнин встречаются бессточные (слепые) долины и дефляционные впадины. Днища их покрыты такировидным полигональным растрескиванием. У побережий морей развиты формы морского рельефа: абразионные обрывы, береговые валы, террасы.

§ 2. ВЕРТИКАЛЬНАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗОАЛЬНОСТЬ

Смена климатических поясов и зон на поверхности Земли происходит не только в горизонтальном направлении, но и в вертикальном. Особенно она отчетлива в горах, где ее причиной являются изменение с высотой количества осадков и понижение температуры. Поскольку эти изменения происходят в горах быстро, то и смена климатических поясов и зон на склонах гор происходит довольно резко, часто без постепенных переходов, как это наблюдается на равнинах.

Границы климатических зон в горах могут быть неодинаковыми на противоположных склонах. Иногда зоны, развитые на одном склоне, отсутствуют на другом. Подобная асимметрия в значительной мере зависит от экспозиции склонов, а также некоторых факторов: близости морей, озер, строения склонов и др.

В горах вертикальная зональность начинается обычно с зоны, аналогичной зоне широтной зональности, в которой находится горное сооружение. Выше расположены зоны, количество которых зависит от относительной и абсолютной высоты гор и их географического положения. Наибольшее количество зон характерно для высоких гор, расположенных в экваториальном поясе. Так, на склонах Килиманджаро в Африке в нижней части развита тропическая зона, затем идут субтропическая умеренная, субнivalальная и нивальная — вечных снегов.

Горы, находящиеся в зоне тундры, несмотря на значительную высоту (до 6000 м на Аляске) имеют на своих склонах лишь две ландшафтные зоны — высокогорную тундру и зону вечных снегов.

В пределах высотных зон развиты формы рельефа, характерные для соответствующих широтных климатических зон.

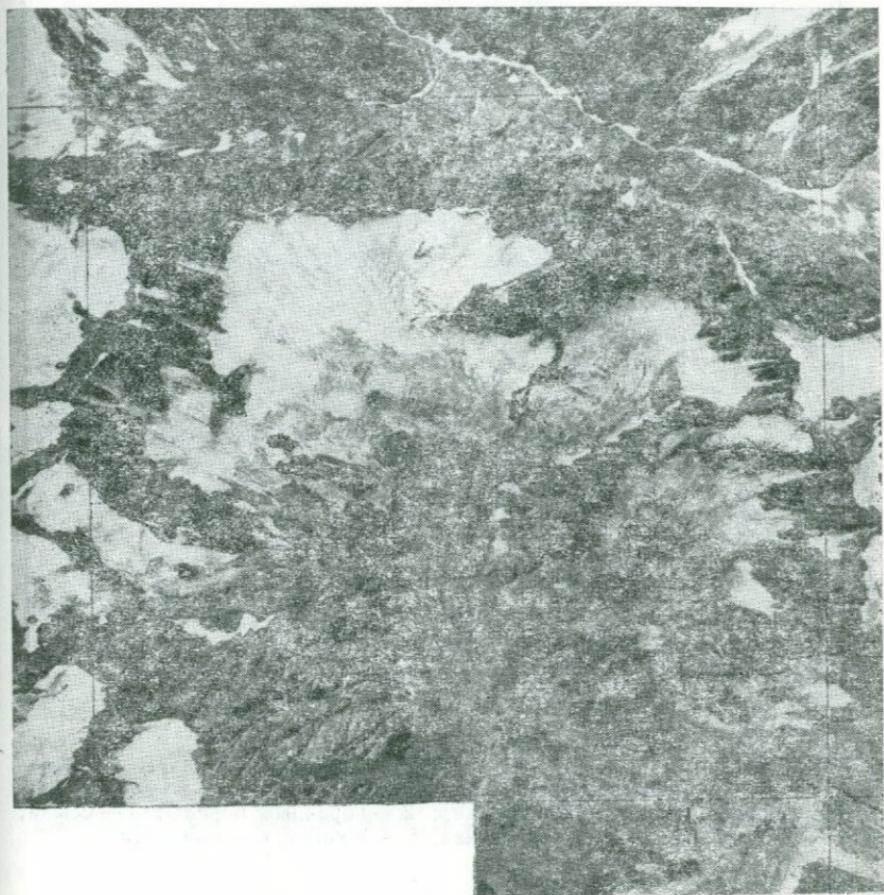


Рис. 19. Современная ледниковая (нивальная) зона

Помимо этого в горах широко представлены азональные формы рельефа, встречающиеся во всех высотных зонах. Это преимущественно гравитационные формы — осипные шлейфы, обвалы, оползни, а также формы, связанные с деятельностью водных потоков — долины, террасы и др.

Нивальная, или современная ледниковая зона, соответствующая арктической зоне широтной зональности, раз-

вита в приводораздельных частях многих высоких хребтов (Кавказ, Тянь-Шань, Памир, Алтай). Нижняя граница этой зоны определяется положением снеговой линии. Зона характеризуется альпийским рельефом, с узкими гребнями хребтов, пиками, скалистыми склонами, глубокими долинами.

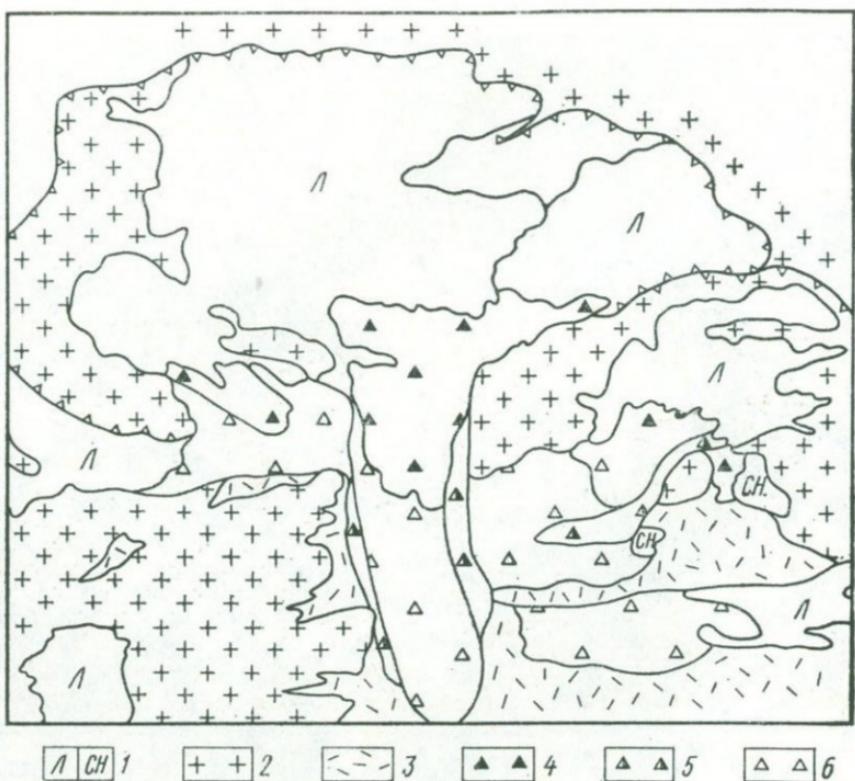


Рис. 19а. Схема дешифрирования к рис. 19:
1 — ледники (л) и снежники (сн); 2 — коренные породы; 3 — осьпи;
морены: 4 — поверхностная, 5 — боковая, 6 — конечная

Основными формами рельефа ледниковой зоны являются ледники, разнообразные по форме и размерам (каровые, долинные, древовидные и др.). Кроме ледников здесь развиты снежники — скопления долголежащего не тающего летом снега. Ледники и снежники лежат в карах — чашеобразных углублениях, врезанных в водоразделы или склоны гор, или цирках — более крупных формах, состоящих из слившихся каров (рис. 19, 19 а). Кари и цирки распознаются на снимках по округлым формам, приуроченным к верхним частям склонов. Долины, по которым спускаются ледники — троги, имеют крутые склоны и широкие плоские днища. На поверх-

ности ледниковых и у их концов развиты холмистые гряды и валы боковых, срединных и конечных морен. На аэрофотоснимках они отчетливо выделяются темными или светло-серыми полосами и пятнами на белом фоне ледниковых. На скло-



Рис. 20. Высокогорная тундра. Гольцовый рельеф. На склонах горного массива развиты нагорные террасы — полуокруглые, местами извилистые ступени. Белые пятна на вершинах — снег. Склоны испещрены светлыми и темными полосами — деллями. Речная сеть оконтуривает массив

нах трогов, стенках каров и цирков развиты осыпи, образующие в основании склонов шлейфы из слившихся конусов.

Ниже современной ледниковой зоны развита субальпийская зона или высокогорная тундра. Здесь так же как и в широтной зоне развиты формы рельефа, обусловленные существованием мерзлоты. Водоразделы чаще всего уп-

лощенные, отдельные вершины округлые, сглаженные, каменистые представляют собой гольцы (рис. 20). На склонах гольцов развиты нагорные террасы — ступени, образующиеся в результате морозного выветривания и удаления материала процессами солифлюкции. Нагорные террасы придают

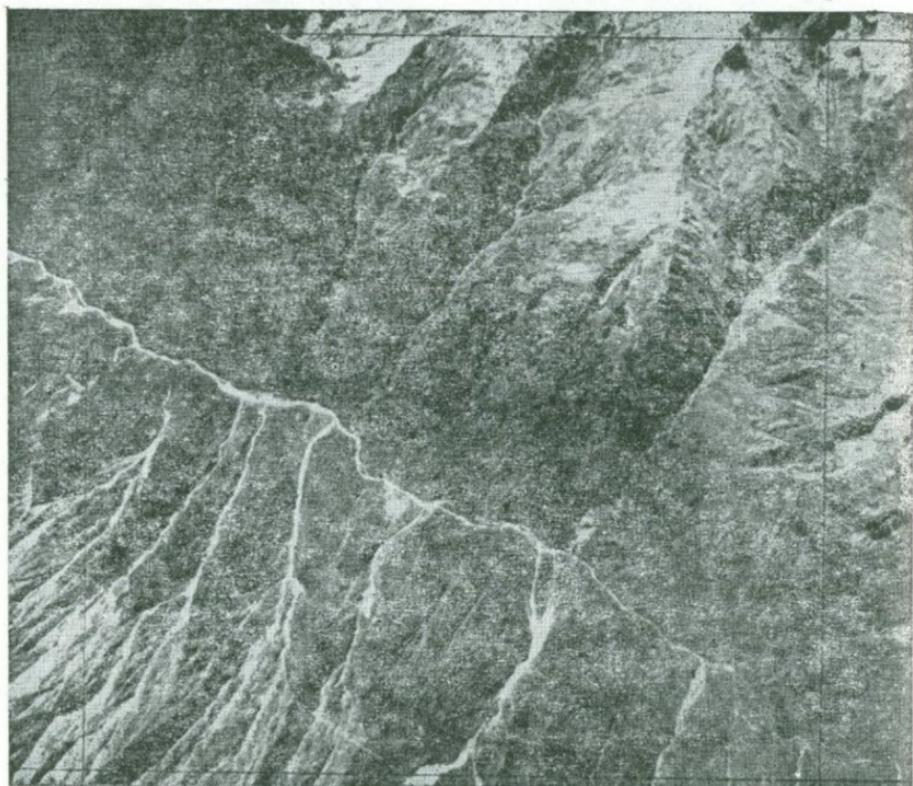


Рис. 21. Горная лесная зона. Глубоко расчлененный высокогорный рельеф. Долина горной реки с боковыми притоками. Русла рек выделяются белыми извилистыми линиями. На склонах развит лес, имеющий темный цвет и точечный рисунок, скрывающий склоновые формы рельефа. Хорошо выделяются лишь белые полосчатые контуры осыпей. Выше лесной зоны — рельеф с древнеледниковой обработкой (высокогорная тундра). В полуразрушенных карах лежат светло-серые «языки» морен. Светлую окраску склонам придают покровы осыпей, среди которых темными пятнами выступают коренные породы

склонам полосчатость, ориентированную поперек склонов. Помимо нагорных террас в высокогорной тундре широко развиты каменные потоки, делли и шлейфы осыпей. В пределах зоны часто сохраняются реликтовые формы древнего оледенения — троги, полуразрушенные кары и цирки, или морены, с холмистым или сглаженным рельефом.

Ниже субнivalьной зоны располагаются лесная, степная, пустынная и полупустынная зоны (рис. 21—23), в зависимости от того, в какой климатической широтной зоне находятся горы. Все эти зоны характеризуются формами рельефа, сходными с аналогичными широтными зо-

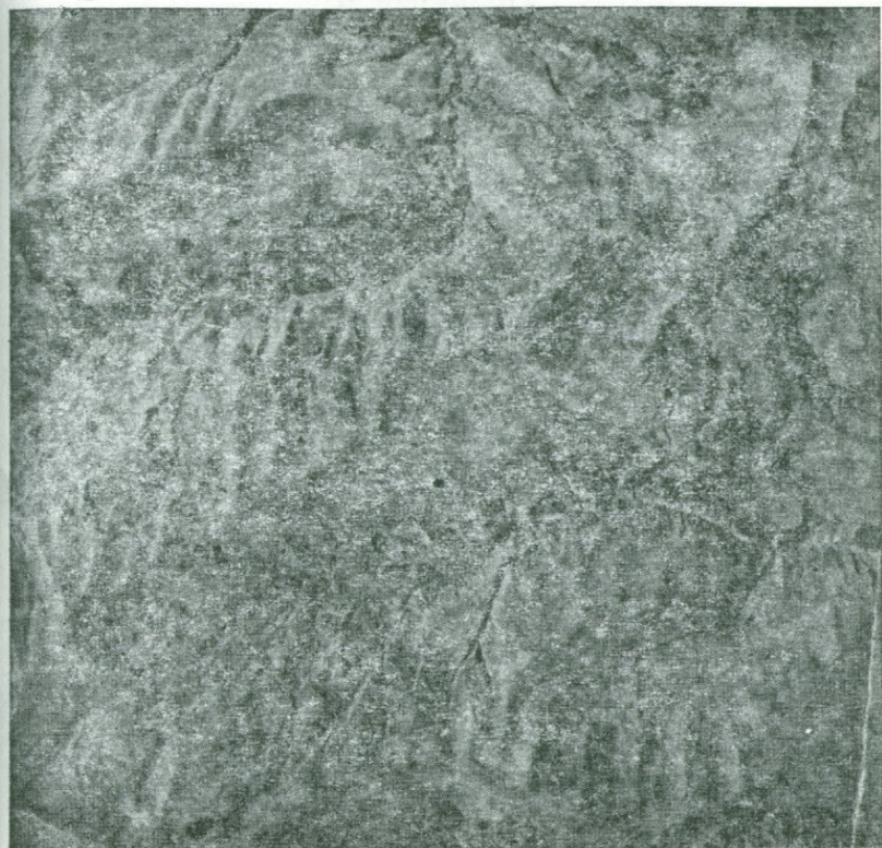


Рис. 22. Горная степная зона. Низкогорный рельеф, расчленен сухими долинами — саями. Пологие склоны и водоразделы задернованы, перекрыты делювиальными и лессовыми покровами. Пятнистый рисунок поверхности обусловлен неравномерным увлажнением и развитием растительности. Местами на склонах видны полукруглые формы — стенки отрыва небольших оползней.

нами. Так, в лесной зоне основными формами являются эрозионные речные долины, овраги; в степных зонах преобладают формы рельефа, созданные временными потоками — овраги, сухие долины (саи), конусы выноса временных потоков. Степень расчленения намного превышает расчлененность широтных зон, так что водоразделы и склоны, изрезанные эрозионными формами, имеют ветвистый рисунок. На поло-

гих склонах и водоразделах степной зоны развиты покровы лёссов и делювия, а на более крутых — делювиально-гравитационные покровы. Широкое развитие в степной зоне имеют оползни. Относительно ровные площадки водоразделов этой зоны используются под распашку.

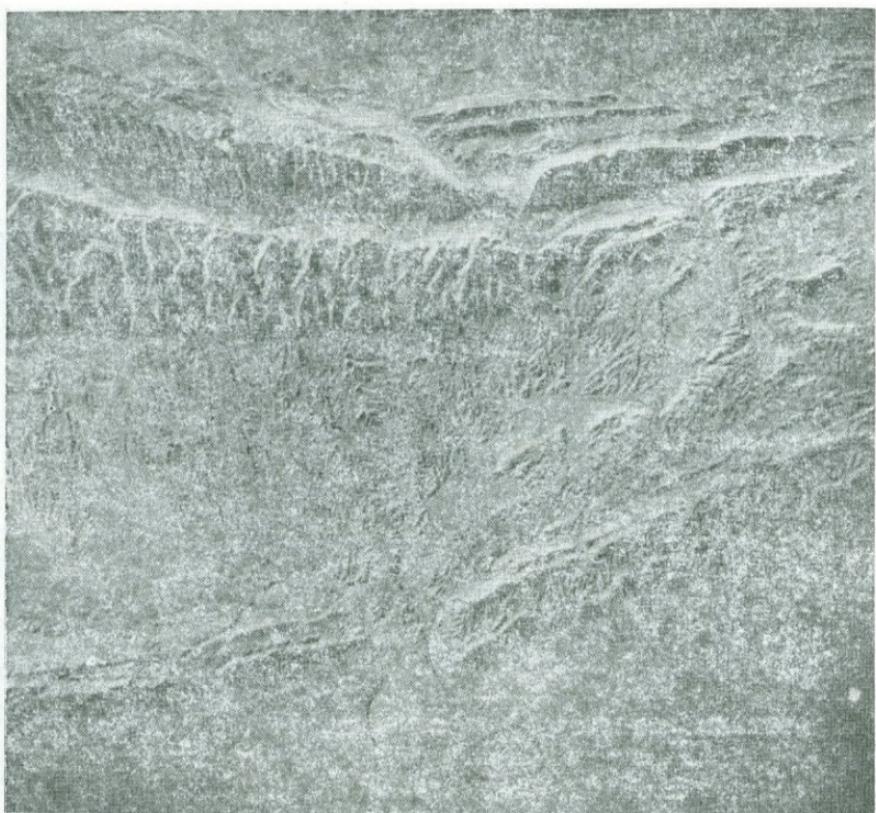


Рис. 23. Горная каменистая пустыня. Низкогорный рельеф, интенсивно и дробно расчлененный сухими руслами временных потоков и бороздами до степени «бедлэнда». Продольными темными полосами протягиваются гряды, сложенные плотными породами. Светлую окраску имеют рыхлые породы

В пустынных и полупустынных горных зонах, в отличие от аналогичных широтных зон, главными формами рельефа являются эрозионные, создающие сеть промоин, рывчин, сухих долин, разделенных острыми гребневидными водоразделами. Этот рельеф называется «бедлэнд» — непроходимые земли (см. рис. 23). Для него характерна особая резкость форм и очертаний, обусловленная выдувающей работой ветра. Во всех горных зонах широко представлены гравитационные формы рельефа: шлейфы осыпи, оползни и обвалы.

Глава 16

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ РАВНИН И ФОРМ РЕЛЬЕФА

§ 1. МОЛОДЫЕ ЛЕДНИКОВЫЕ РАВНИНЫ (ПОСЛЕДНЕГО МАТЕРИКОВОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ) С ЗАРОЖДАЮЩИМИСЯ ЭРОЗИОННЫМИ ФОРМАМИ

Обширные молодые ледниковые равнины, возникшие на месте таяния льдов последнего материкового оледенения, развиты преимущественно на Северо-Западе европейской части СССР. Они характеризуются хорошо сохранившимися гляциальными формами рельефа: конечноморенными грядами, холмистым моренным рельефом, озами, камами, камовыми террасами, друмлинами, ложбинами стока талых ледниковых вод, озерными котловинами. Озера, разбросанные по всей территории развития молодых моренных равнин, имеют самую разнообразную форму и размеры, что придает живописный характер моренному ландшафту. Однако основным типом рельефа все же является пологоволнистая моренная равнина.

Последующие процессы эрозии и денудации мало изменили отдельные формы ледникового рельефа и рельеф равнины в целом. Реки здесь приспособливаются к ледниковому рельефу. Они на своем пути используют все имеющиеся понижения, обтекают холмы и гряды, создают четкообразно построенные долины. В понижениях между холмами долины расширяются, берега рек теряют четкость. Зажатая между холмами или грядами, долина становится узкой, а берега ее — крутыми. Особенности рельефа молодых моренных равнин сказались на характере освоенности территории человеком. В основном не залесенные многочисленные холмы и гряды в пределах равнин бывают заняты распашкой. Реже на их вершинах располагаются деревни. Нижние части склонов холмов и нередко заболоченные понижения между ними либо залесены, либо заняты под покосы. Большинство проселочных дорог приурочено к вершинам гряд, склонам холмов и долин. Обширные плоские или пологоволнистые пространства молодых моренных равнин, как правило, залесены и слабо освоены человеком. Наиболее освоены участки моренных равнин, где широко развиты озы, камы, конечноморенные гряды. Все они в основном сложены песчаным материалом и не способствуют заболачиванию территории. Речные долины, занимающие часто понижения между холмами и грядами, распахиваются лишь после проведения на них осушительных работ. В целом наиболее освоенными в пределах ледниковых

равнин являются речные долины, озерные котловины и области развития конечноморенных образований.

Основным дешифровочным признаком молодых ледниковых равнин является рельеф. Холмистый, пологоволнистый, холмисто-грядовый, холмисто-западинный — вот основные его разновидности, которые хорошо распознаются при стереоскопическом рассмотрении аэрофотоснимка наряду с отдельными характерными формами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции. Озы¹ имеют форму длинных и узких гряд, обычно извилисты, сложенные слоистыми, преимущественно песчаными отложениями. Гребни их обычно ровные или покрыты многочисленными буграми. Слоны крутые, на поверхности часто наблюдаются западины. Все эти их особенности хорошо видны на аэрофотоснимках. Сами озы, как правило, имеют более светлый фототон, чем примыкающие к ним участки моренных равнин.

Одной из характерных форм ледникового рельефа в пределах моренных равнин наряду с озами являются камы². Это холмы в основном округлой, реже неправильной формы, различной высоты, сложенные преимущественно песками, реже глинами. Имеют более светлый фототон, чем окружающая территория. Они могут встречаться в одиночку, но чаще развиты группами, иногда располагаются цепочками. Сравнительно часто камы бывают приурочены к бортам ложбин стока ледниковых вод, где образуют так называемые камовые террасы. Обнаружение на аэрофотоснимке камовых террас может служить достаточно надежным дешифровочным признаком принадлежности территории к моренной равнине.

Не менее часто на рассматриваемых равнинах развиты конечноморенные гряды, которые на аэрофотоснимках также дешифрируются по рельефу и светлому фототону, особенно если они сложены грубозернистыми валунными песками. Вершины гряд часто распахиваются, склоны бывают заросшими редким лесом. Последний на аэрофотоснимке напоминает вид кружева.

Отдельные моренные холмы мало чем отличаются по рельефу от камов, однако сложены они в основном валунными суглинками, в связи с чем чаще имеют серый или даже темно-серый фототон. Лишь те из них, которые в основном сложены грубозернистыми валунными песками и супесями, дают светлый фототон и в совокупности с рельефом хорошо распознаются на аэрофотоснимках.

Наряду с положительными формами рельефа не менее характерны для молодых ледниковых равнин и отрицатель-

¹ Озы (*швед. asag*) — гряды в виде узких извилистых валов с волнистой линией гребня.

² Камы (*нем. Kamm* — гребень) — ледниковые холмистые аккумулятивные формы рельефа.

ные. Сюда надо прежде всего отнести ложбины стока талых ледниковых вод. По своим морфологическим особенностям ложбины стока весьма разнообразны. Однако все они имеют в плане линейную, вытянутую форму, пониженное часто заболоченное днище и достаточно крутые борта, нередко расчлененные овражно-балочной сетью. К ложбинам очень часто бывают приурочены озы, камы, камовые террасы, остаточные озера, отдельные моренные холмы.

Мелкие отрицательные формы весьма разнообразны. Это пологие неправильной формы в плане понижения между холмами в районах холмистого рельефа; вытянутые нередко глубокие понижения, залесенные и иногда заболоченные на участках развития холмисто-грядового рельефа конечных морен; округлые относительно глубокие круто склонные суффозионно-карстовые западины самого различного размера, приуроченные к полям развития мертвого льда.

Все перечисленные выше формы рельефа сравнительно легко распознаются на аэрофотоснимках по фототону, растительности, характеру освоенности, заболоченности, особенностям эрозионного расчленения. Разнообразное же сочетание этих форм создает характерный облик моренной равнинны.

На аэрофотоснимках хорошо видны пашни, дороги, просеки, осушительные канавы, населенные пункты, лес, кустарник, болота, овраги, промоины и многие другие объекты, которые помогают распознать те или иные типы моренных равнин.

В различных климатических зонах молодые моренные равнинны имеют некоторые особенности, обусловленные развитием наряду с характерными ледниковыми формами рельефа специфических форм, таких, как формы вечной мерзлоты, карст, оползни и пр. (см. гл. 15). Все эти формы достаточно четко и однозначно выделяются на аэрофотоснимках и в целом не затрудняют дешифрирование моренных ледниковых равнин (рис. 24).

§ 2. ДРЕВНИЕ ЛЕДНИКОВЫЕ РАВНИНЫ С НАЛОЖЕННЫМИ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫМИ ФОРМАМИ

Древние ледниковые равнинны занимают значительную часть территории Русской равнинны. Доминирующий тип рельефа на них — слабо холмистый или равнинный, реже плоский, приуроченный к междуречьям. Водоразделы на равнинах разделены широкими речными долинами, или низинами. Крутые моренные холмы, гряды, ложбины стока ледниковых

вод встречаются значительно реже, чем на молодых ледниковых равнинах.

Рельеф, оставленный древними ледниками, в значительной степени переработан эрозионными процессами послелед-



Рис. 24. Участок холмистой моренной равнины валдайского оледенения. Моренные холмы размером от нескольких десятков метров до 100—200 м в диаметре имеют относительные превышения 5—10 м. Сложены валунными суглинками. Вершины большинства холмов распаханы. В пашне видны участки опахивания валунов — оргехи. Понижения между холмами заняты луговой растительностью или кустарником, реже заболочены. Часть из них замкнутые, остальные соединены водотоками. Речка, проходящая в центральную часть снимка, огибает отдельные холмы, долина ее плохо разработана, вдоль интенсивно меандрирующего русла видна лишь неширокая пойма.

никового времени. Долинная сеть намного гуще, реки текут в хорошо оформленных долинах, имеющих по несколько надпойменных террас. Площади междуречий, не затронутые

эрозионной сетью, невелики. Берега долины часто изрезаны оврагами и балками, верховья которых глубоко уходят на водоразделы. Большие замкнутые западины развиты редко, озера, как правило, отсутствуют, так как уже спущены реками.

В целом поверхность равнины довольно однообразна. Несколько оживляют ее лишь гряды конечных морен различных стадий древних оледенений, мало отличающихся по своему облику от таковых на молодых ледниковых равнинах.

Освоенность территории рассматриваемых равнин значительная. Практически распахиваются ввиду слабого развития в целом холмистых форм рельефа почти все междуречные пространства, не занятые лесом. В некоторых случаях заняты пашнями и наиболее крупные пологосклонные холмы. Населенные пункты в основном приурочены к долинам крупных рек, реже они располагаются на водораздельных пространствах. Речные долины большей части полностью освоены.

Основными дешифровочными признаками древних ледниковых равнин являются рельеф и характер эрозионного расчленения территории. Обширные пологоволнистые реже слабо холмистые моренные равнины, сложенные валунными суглинками и перекрытые сверху чехлом лёссывидных покровных образований проблематичного генезиса, имеют на аэрофотоснимках преимущественно серый фототон и мозаичный фоторисунок, обусловленный особенностями распределения растительности и освоенности.

Присутствуют на рассматриваемых равнинах и такие формы ледниковой аккумуляции, как озы, камы, конечные морсны и др. Все они характеризуются в основном теми же дешифровочными признаками, что и для молодых моренных равнин, но отличаются меньшей контрастностью рельефа, сглаженностью форм, нередко значительной их расчлененностью овражно-балочной сетью. Нередко названные выше формы рельефа на аэрофотоснимках не видны и распознаются лишь по наличию карьеров, в которых разрабатываются песчаные и песчано-гравийные отложения, которыми эти формы сложены. Характер распределения растительности, освоенность, заболоченность мало чем отличаются от описанных ранее.

Отличительная особенность древних ледниковых равнин, наряду с хорошо развитой эрозионной сетью (см. гл. 15), — большое количество на ее поверхности суффозионных западин, связанных с покровными образованиями. Западины эти имеют округлую, реже овальную форму, плоское, часто заблоченное или заросшее кустарником днище. Некоторые западины бывают заполнены водой, особенно в осенне-весенне время. Наибольшее количество их приурочено к высоким частям водоразделов. На склонах они начинают осваивать-

ся эрозионной сетью, в результате чего теряют свою контрастность и на снимках распознаются не всегда уверенно. Многие наиболее крупные западины в пределах плоских и пологоволнистых участков ледниковых равнин не распахиваются. Это создает пятнистый фоторисунок в пределах пашен.

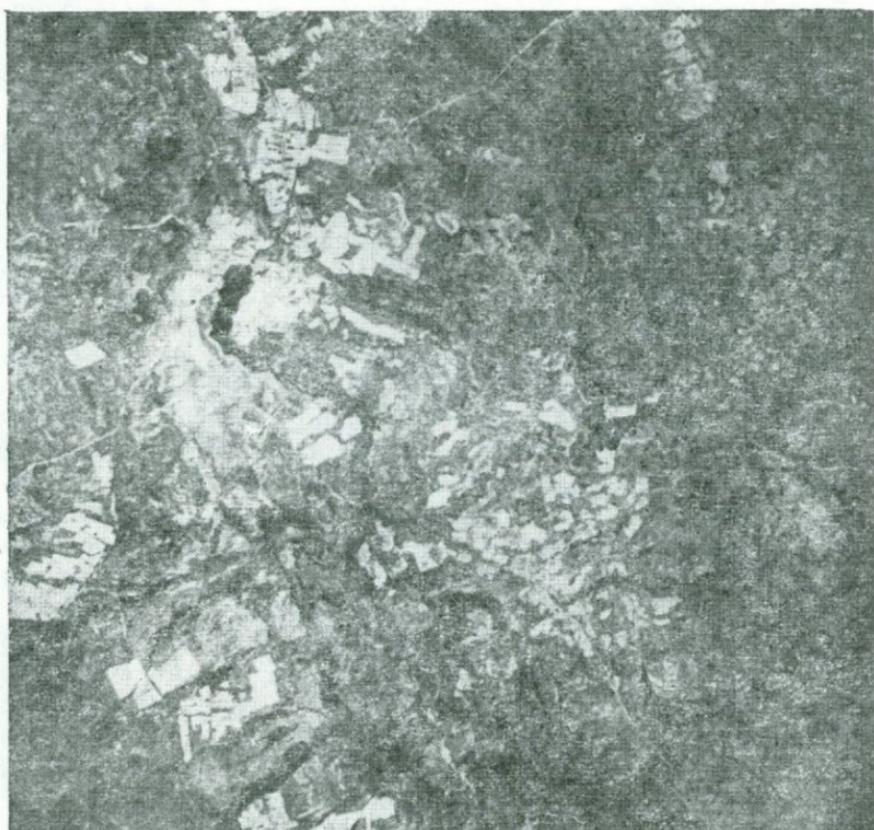


Рис. 25. Молодая ледниковая равнина московского оледенения. В восточной части аэрофотоснимка относительно плоская поверхность и с относительно однородным серым фототоном представляет собой моренную равнину, сложенную с поверхности валунными суглинками мощностью до 10 м, прорезанная эрозионной сетью. В центре аэрофотоснимка проходит ложбина стока ледниковых вод, имеющая пологие склоны, местами прорезанные узкими глубокими оврагами (южная часть аэрофотоснимка). На днище ложбины остаточное озеро и фрагменты озлов (около озера)

Как и для молодых ледниковых равнин, для равнин древних отмечаются особенности, связанные с климатической зональностью. К ним относятся наложенные формы рельефа и микрорельефа термокарст, овраги и др. (см. гл. 15). Пример дешифрирования моренной равнины московского оледенения приведен на рис. 25.

В южных районах европейской части СССР значительные пространства заняты еще более древними моренными равнинами, связанными с днепровским оледенением. Эти равнины практически утратили характерные черты, связанные с ледниковой аккумуляцией. На обширных плоских водораздельных пространствах отсутствуют типичные ледниковые формы, которые были уничтожены длительными процессами эрозии и денудации. Эрозионное расчленение территории равниншло настолько далеко, что часто образуются сквозные долины, перехваты. Рельеф приобретает совершенно новые черты, не свойственные ледниковым равнинам. Значительное место в нем занимают обширные речные долины с большим количеством широких надпойменных террас. О первичном ледниковом рельефе можно догадываться лишь по наличию в толще четвертичных отложений морены. Еще более затушевывает первичный ледниковый облик территории значительная ее освоенность, отсутствие первичных лесов, большое количество различных дорог, плотин, прудов и т. п.

Относительно малая мощность четвертичных отложений в пределах самых древних ледниковых равнин часто обуславливает проявление в рельефе ряда особенностей строения дочетвертичных отложений, что еще больше маскирует былье черты ледникового рельефа. Лишь наличие суффозионно-просадочных западин иногда может указывать на принадлежность территории, изображенной на аэрофотоснимке, к древней моренной равнине.

Пример дешифрирования моренной равнине днепровского оледенения приведен на рис. 16.

§ 3. ФЛЮВИАЛЬНЫЕ РАВНИНЫ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ (ЗАНДРОВЫЕ, ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫЕ И ДР.)

Широко развитые на территории европейской части СССР флювиальные равнины приурочены в основном к низинам, расположенным некогда у фронта ледника. Они образованы водами, оттекавшими от края ледника, и сложены в основном песчаным материалом. При свободном оттоке ледниковых вод от края ледника формируются зандры. Если воды накапливаются в замкнутых котловинах, то впоследствии на их месте после спуска вод возникают озерно-ледниковые равнины. Морфологически оба типа равнин мало различаются. Главным критерием их разделения являются особенности литологического состава отложений, слагающих эти поверхности. Зандровые равнины, как правило, сложены более грубым материалом, чем озерно-ледниковые. В разрезе последних часто встречаются плотные глины. Эта их осо-

бенность нередко способствует значительной заболоченности территории.

В области валдайского оледенения зандры¹ пространственно бывают связаны с конечноморенными образованиями. Рельеф их в основном плоский, реже пологоволнистый. Иногда выделяется несколько уровней. Поверхность в значительной степени залесена и заболочена. Эрозионное расчленение слабое. Освоенность незначительная. Распахиваются лишь небольшие участки зандровых равнин, примыкающие к речным долинам. Из микроформ рельефа на поверхности равнин наиболее часто встречаются дюны, небольшие термокарстовые западины, нечетко выраженные почти с плоскими днищами ложбины ледникового стока. Очень редко наблюдаются озера и камы.

Зандры московского и днепровского оледенений в основном мало отличаются от валдайских. Единственно, что обращает на себя внимание — это степень эрозионного расчленения и характер речных долин.

Основным дешифровочным признаком зандровых равнин, как и моренных, является рельеф, характер освоенности, залесенности и заболоченности территории. В большинстве своем зандры представляют собой плоские пространства с редкой речной и овражно-балочной сетью, неглубоко врезанной в поверхность равнины, со слабым развитием микроформ рельефа. На аэрофотоснимках зандровые равнинны, сложенные преимущественно песками, имеют светлый, а иногда почти белый фототон, особенно хорошо наблюдаемый вдоль дорог, на небольших незалесенных участках, около карьеров, по склонам речек и оврагов. По мере продвижения с севера на юг уменьшается степень заболоченности и залесенности поверхности зандров, но увеличивается степень их освоенности, появляются многочисленные блюдца, обвязанные своим происхождением суффозионно-просадочным процессом в лёссовидных породах, местами перекрывающих зандровые пески. Четкость дешифровочных признаков пропадает. Пример дешифрирования зандровой равнины приведен на рис. 26.

Озерно-ледниковые равнинны отличаются плоским рельефом, нарушенным лишь отдельными холмами и грядами. Наиболее высокие из них во время существования озерного бассейна являлись островами. На их склонах местами видны следы абразии и встречаются россыпи валунов.

По сравнению с зандрами, озерно-ледниковые равнинны еще больше залесены и заболочены, и еще слабее освоены человеком.

¹ Зандр (dat. sandur — песок) — пологоволнистая равнина, расположенная перед внешним краем конечных морен.

Главный дешифровочный признак озерно-ледниковой равнины — это плоский рельеф с весьма слабо развитой и неглубоко врезанной эрозионной сетью и наличие уровней, иногда разделенных четко выраженным в рельефе



Рис. 26. Участок флювиогляциальной равнины. Поверхность равнины плоская, сплошь заросшая лесом (южная часть снимка), местами интенсивно увлажненная или заболоченная (участки с более темным фототоном).

Речка, протекающая по поверхности равнины, интенсивно меандрирует. Пойма ее сильно заболочена, со следами многочисленных стариц. Четкого уступа между поймой и равниной не видно.

В западной, центральной и восточной частях аэрофотоснимка по светлому фототону выделяются моренные холмы, возвышающиеся над поверхностью равнины. Слоны и вершины их распаханы. На вершине одного из холмов располагается деревня

уступами. Не менее важным признаком является общая значительная заболоченность территории и наличие крупных, часто округлых болотных массивов. Залесенность равнин зна-

чительная. Преобладают смешанные леса. Освоены лишь небольшие участки вдоль долин. Остальные дешифровочные признаки мало отличимы от типовых для зандровых равнин. Озерно-ледниковые равнины, образовавшиеся во время московского оледенения и особенно днепровского, к настоящему времени значительно утратили свои первоначальные черты, в связи с чем дешифровочные признаки их нечеткие. Основным критерием для их выделения являются отложения, свидетельствующие об их озерно-ледниковом генезисе. На аэрофотоснимках такие равнины выделяются с трудом. Аллювиально-флювиогляциальные равнины приурочены к долинам крупных рек, где образуют высокие надпойменные террасы. Морфологически близки к другим флювиальным равнинам и характеризуются теми же дешифровочными признаками.

§ 4. МОРСКИЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ РАВНИНЫ

Морские аккумулятивные равнины представляют собой участки морского дна, в настоящее время поднятые над уровнем моря. Они развиты по берегам почти всех морей и находятся в различных климатических зонах. Поэтому кроме форм, созданных деятельностью моря, они характеризуются развитием зональных форм рельефа. Так, например, на морских побережьях тундровой зоны встречаются все формы рельефа, обусловленные развитием вечной мерзлоты: гидролакколиты, морозобойные трещины, термокарст, солифлюкционные покровы и т. д.

Ниже приводится характеристика рельефа морских равнин аридной зоны, так как эти равнины (Причерноморская и Прикаспийская) наиболее используются человеком в его хозяйственной деятельности.

Морские равнины по возрасту подразделяются на современные и древние. Современная морская аккумулятивная равнина примыкает к берегу моря. Она состоит из пляжа и низкой террасы (рис. 27). Пляж, сложенный преимущественно песчаным и ракушечным материалом, имеет заметный уклон к морю. На его поверхности развиты многочисленные береговые валы, вытянутые параллельно берегу моря. Некоторые из них находятся в море вблизи берега и называются барами. К береговым аккумулятивным формам относятся косы — вдающиеся в море, вытянутые под углом к берегу или вдоль него песчаные образования, протягивающиеся на несколько десятков километров (Арабатская стрелка). Иногда из косы формируются пересыпи — валы, соединяющие берега заливов и превращающие их в лагуны.

Поверхность низкой морской террасы возвышается на 2—3 м над пляжем. На ней сохраняются древние береговые

валы, часто они перевеяны ветром и превращены в дюны, отчего поверхность террасы слегка всхолмленная. Помимо береговых валов и дюн на поверхности равнин развиты многочисленные понижения, некоторые из которых заполнены водой и сообщаются с морем каналами различной ширины. Это лагуны. Дно других лагун, потерявших связь с морем, может быть заболочено или представляет собой выравненные растрескавшиеся поверхности такыров. На некоторых участках морских равнин можно наблюдать протягивающиеся к морю ложбины — следы речных русел, когда-то затопленных морем, а теперь поднятых. Там, где поверхность сложена песчаным материалом, она усиленно перевевается ветром, в результате чего образуются дюны. В некоторых районах восточного побережья Каспия к берегу подходят барханы. На побережье, сложенном суглинистыми или глинистыми осадками, наблюдаются котловины выдувания глубиной в несколько метров.

Древние морские равнины представляют собой обширные плоские пространства с редкими сохранившимися береговыми валами и с наложенными более поздними эоловыми, эрозионными и суффозионными формами рельефа. Они расчленены речными террасированными долинами на глубину до 100 м, а также оврагами и балками. Там, где поверхность равнин перекрыта лессом, широко развиты суффозионные воронки, котловины выдувания.

Древние морские равнины обрываются к поверхности более молодых равнин или к морю абразионными уступами (на Каспии — чинки). Высота их достигает 25—50 м и более. Они протягиваются на некотором удалении от берега моря, часто не повторяя очертания современной береговой линии. Уступы нарушены оползнями, обвалами, расчленены сетью борозд и рывчин, у подножия уступов развиты делювиально-пролювиальные шлейфы.

В пределах древних морских равнин Прикаспия развиты своеобразные эоловые формы — «бэрковские бугры». Они имеют форму гряд, вытянутых в широтном направлении и возвышающихся над поверхностью равнин на 3—5 м. Помимо эоловых форм среди морских равнин поднимаются соляные купола, в виде холмов высотой в несколько десятков метров. Слоны их расчленены эрозионными бороздами и промоинами.

Дешифровочные признаки. Вся поверхность обширных молодых и древних морских равнин на аэрофотоснимках характеризуется неравномерной окраской. Обычно это крупнопятнистые поверхности. В виде темных расплывчатых или резких пятен выделяются болотистые или заполненные водой понижения, в том числе лагуны. Светлую до белой окраску имеют солончаки и такыры.

Темные небольшие окружные формы и точки представляют собой супфозионные воронки. Светлая окраска и линейная форма характерны для песчаных гряд. Береговые валы

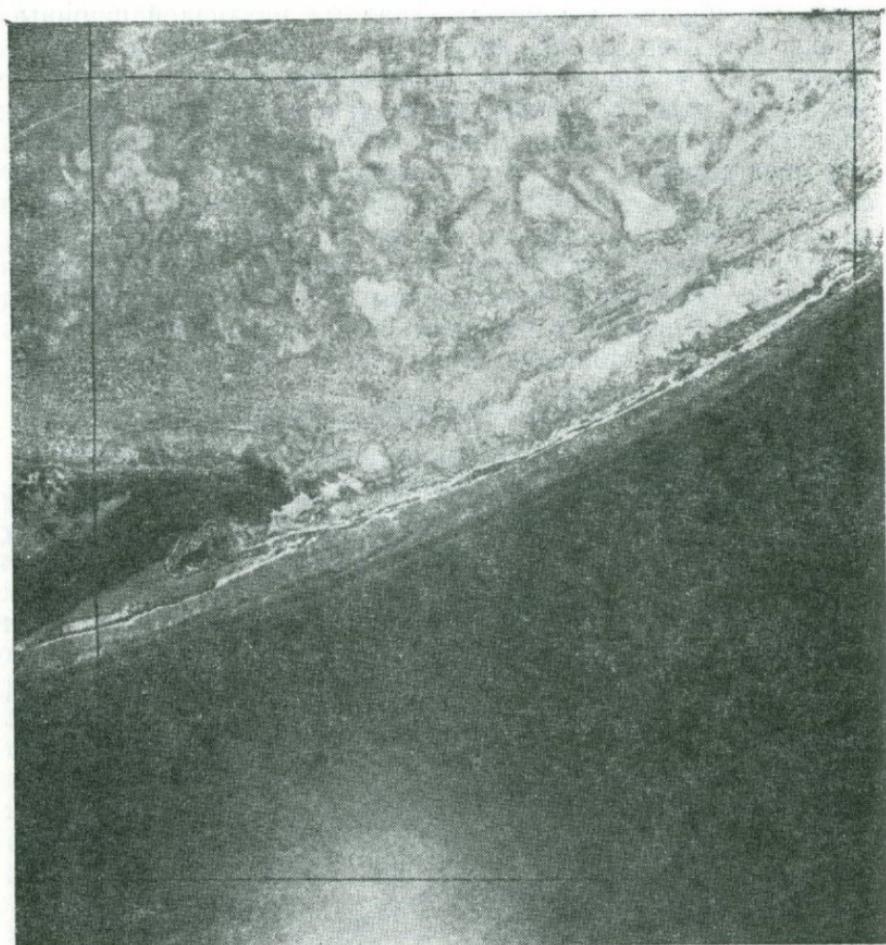


Рис. 21. Морская аккумулятивная равнина. Береговая линия моря выражена белой полосой. От нее в море прослеживается серая и пятнистая поверхность — мелководье. Параллельные полосы на нем — подводные бары. Слева — лагуна, отделенная от моря косами. Пляж представляет собой светло-серую и серую пятнисто-полосчатую узкую поверхность. Тонкие извилистые темные полосы с точками — береговые валы, заросшие кустарником. Светлые пятна — солончаки. Вверху пятнистая поверхность — древняя морская равнина, с неясно выраженным абразионным уступом. Светлые пятна — солончаки на дне древних высохших лагун

десифрируются по вытянутым узким извилистым, иногда веерообразно расходящимся формам, часто заросшим кустарником. Абразионные уступы выделяются светлыми полоса-

ми с зубчатым рисунком. По извилистым линиям и полоскам различной ширины распознаются древние эрозионные русла и лощины.

§ 5. АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕЛЬТОВЫЕ РАВНИНЫ

Аллювиально-дельтовые равнины представляют собой участки суши в устьях рек, образованные речными отложениями и в большинстве случаев вдающиеся в море или озеро. Они начинаются в том месте, где единое русло реки распластывается и дробится на ряд рукавов и протоков, разделенных островами и отмелами. В вершинной части дельты отдельные русловые потоки могут быть врезанными на несколько метров (рис. 28).

По направлению к морю или озеру поверхность дельты расширяется, становится низкой и плоской. Глубина врезов протоков уменьшается, и острова еле возвышаются над руслами. Количество протоков увеличивается особенно в дельтах крупных рек. Вдоль русел развиты прирусловые валы, которые постоянно разрушаются и вновь образуются, так как русло меняет свое направление. На более высоких участках песчаные прирусловые валы перевеваются ветром и образуют холмистый (грибистый) рельеф. Эоловые формы могут достигать и более крупных размеров. Так, в дельте Волги наблюдается развитие грядовых эоловых форм — бэрковских бугров. Устьевые части некоторых крупных протоков затоплены наступающим морем и представляют собой лиманы (Днепр и др.). Некоторые из них отшнуровываются от моря косами и превращаются в озера, которые при дальнейшем высыхании могут превратиться в болота и такры.

Рельеф древних дельтовых равнин характеризуется значительной переработкой субаэральными процессами. Наряду с первичными формами здесь могут быть развиты и вторичные формы, образовавшиеся в более позднее время главным образом под действием эрозионных и эоловых процессов.

Древние дельтовые равнины имеют выравненную поверхность, на которой сохранились вытянутые в направлении моря ложбины — следы древних речных русел. На их дне часто развиваются замкнутые понижения, занятые болотами, солончаками или засоленными озерами. Молодая эрозионная сеть — овраги, балки и долины небольших речек и ручьев — может пересекать древние формы или на отдельных участках наследовать их. На водоразделах встречаются поды, суффозионные понижения и котловины выдувания. Из положительных форм рельефа могут сохраниться древние прирусловые валы, под действием ветра превращенные в грибы.

Эоловые формы представлены бугристыми песками и грядами.

Дешифровочные признаки. Дельтовые равнины дешифрируются по сложной системе русловых потоков, разделенных отмелями и островами. Русла, заполненные водой,



Рис. 28. Аллювиально-дельтовая равнина. Русло реки, ветвящееся на протоки, разделенные крупными островами. Узкая светлая полоска, неравномерно развитая вдоль русла,— песчаный пляж. Темные участки вдоль русла покрыты кустарником. Это прирусовые валы. Светлое пятно вверху — высохшее и покрытое солью дно бывшего водоема. Слева темное пятно — занятное водой понижение. Оконтуривающие его светлые полосы с сетчатым рисунком — сенокосы

имеют темный цвет; светлая окраска характерна для осушенных участков, такыров, солончаков; острова используются под сенокосы, поэтому на них часто наблюдаются темные точки — стога. Прирусовые валы выделяются по вытяну-

тым, иногда извилистым формам. Поверхность валов покрыта кустарником, что помогает более отчетливо их дешифрировать. В понижениях между валами часто сохраняется вода в виде темных узких полос или пятен.

§ 6. ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ И АЛЛЮВИАЛЬНО-ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ РАВНИНЫ

В аридных и субаридных районах широко развиты пролювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины. Они состоят из слившихся многочисленных конусов выноса временных потоков и наземных (сухих) дельт постоянных рек. И те и другие формируются аккумулятивной работой водных потоков при выходе их из гор на равнину, где уменьшаются уклоны русел, и вследствие этого откладывается несомый обломочный материал. Наземные дельты названы так потому, что в отличие от водных (морских и озерных) дельт они формируются не в водной среде, а на земной поверхности реками, не доходящими до своего базиса — моря или озера. Пролювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины протягиваются на многие десятки километров вдоль подножий хребтов или образуют днища межгорных и предгорных впадин (Средняя Азия, Кавказ и др.). Эти равнины в целом имеют волнистую поверхность, наклоненную от гор к центру впадин. При движении в этом направлении характер расчленения и уклоны равнин меняются, в связи с чем в их пределах можно выделить несколько геоморфологических зон.

Непосредственно у подножия гор, где выполняется уклон русла и единый поток дробится на ряд более мелких, расположены вершинные части конусов выноса и дельт, сложенные наиболее грубым валунно-галечным материалом. Они хорошо выражены в рельфе и имеют самый крутой уклон от гор. Поверхность конусов в поперечном сечении выпуклая, а у дельт плоская, поэтому эта зона равнин имеет наиболее ярко выраженную волнистую поверхность, где пониженные участки приходятся на межконусные понижения. Основными формами рельефа этой зоны являются многочисленные конусы и дельты с радиально расходящимися от вершин сухими руслами, многие из которых глубоко врезаны. Глубина и густота расчленения иногда столь значительны, что вся поверхность равнин превращается в систему вытянутых от гор гряд, разделенных глубокими сухими долинами — саями, суходолами.

Чем дальше от гор, тем поверхность равнин становится более плоской. Отдельные конусы выноса и дельты сливаются вместе так, что трудно их разделить. Глубина врезов

уменьшается, и русла свободно служдают по поверхности равнинны, сливаясь или вновь разделяясь. Эта центральная часть пролювиальной равнины сложена более тонким, преимущественно галечно-песчаным материалом. В связи с выполаживанием поверхности в ее пределах иногда наблюдаются выходы подземных вод в виде родников или заболоченных участков.

Наиболее удаленная от гор зона аллювиально-пролювиальной равнины — периферическая. Она характеризуется почти плоской и горизонтальной поверхностью. Отдельные, часто пересыхающие русла, достигающие этой зоны, выносят самый тонкий материал — суглинки и супеси. Весной русла заканчиваются разливами, на месте которых могут оставаться лужи, болота или пересыхающие озера, в которых отлагаются глины. На дне высохших весенних разливов образуются такыры с растрескавшейся в виде многоугольников поверхностью. Местами она разевается ветром и тогда появляются слабовогнутые котловины выдувания. Кроме упомянутых форм рельефа в периферической зоне равнины могут наблюдаться барханы, которые вторгаются сюда из близ расположенных пустынь.

В периферической части пролювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины обычно подрезаются долиной крупной реки. В других случаях их поверхность сливается с поверхностью аллювиальных, озерных или морских террас, в результате чего образуется единая полигенетическая (т. е. образованная различными экзогенными процессами) равнина с формами рельефа различного генезиса.

Важной чертой строения пролювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин является их ступенчатость, которая отражает этапы роста гор и втягивания в поднятие примыкающих частей впадин. Эти ступени образованы разновозрастными конусами выноса и наземными дельтами и отличаются друг от друга высотным положением и глубиной расчленения. Так, наиболее древние конусы выноса и наземные дельты слагают самую высокую ступень равнины, примыкающую к горам, наиболее глубоко расчлененную руслами временных потоков (рис. 29). Ее поверхность часто перекрыта лёссами и сохраняется от размыва лишь небольшими фрагментами. Более молодые генерации конусов выноса и наземных дельт, образующие следующую более низкую ступень равнины, вложены в древнюю генерацию и характеризуются меньшей глубиной расчленения. Самая молодая генерация конусов выноса образует низкие слабо расчлененные равнины, развитые в наибольшем удалении от гор или в центральных частях впадин.

Дешифровочные признаки. В целом пролювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины дешифрируются по веерной форме составляющих их конусов и дельт,

а также радиально расходящимся от вершин руслам, большая часть которых является сухими. Русла выделяются на снимках светлыми, реже темными извилистыми нитевидными или более широкими линиями. Различные возрастные ге-

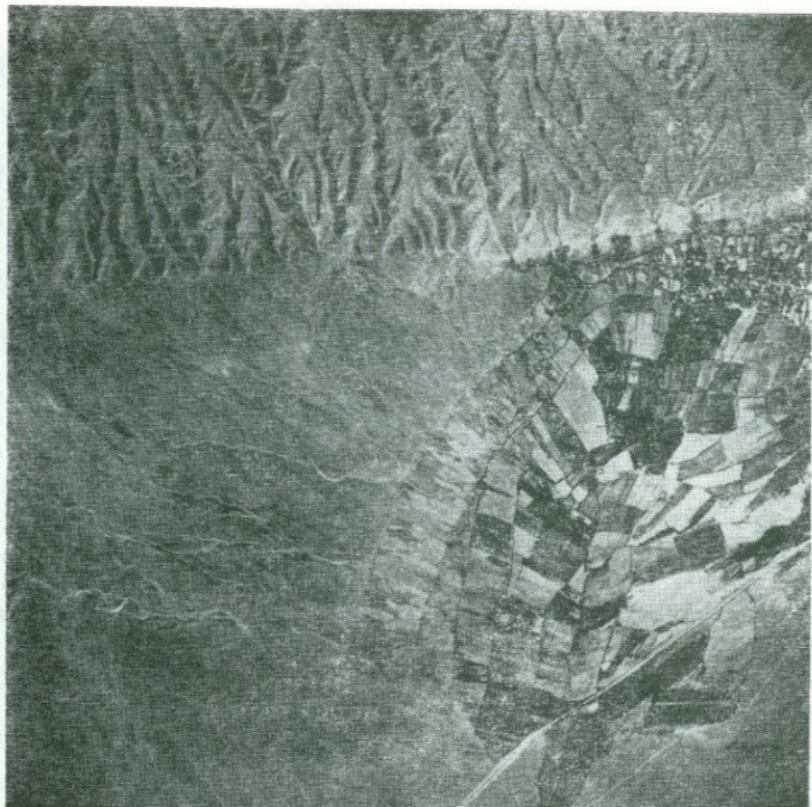


Рис. 29. Пролювиальная равнина. В центре снимка низкая, слабонаклонная равнина, образованная небольшими слившимися конусами выноса. Поверхность неглубоко расчленена временными сухими руслами, радиально расходящимися в вершинных частях конусов выноса. Пятистый рисунок справа — распаханные участки равнины, орошаемые сетью арыков (темные прямолинейные линии).

В верхней части снимка резко выделяется более высокая ступень равнины, сложенная древними конусами выносами. Поверхность ее глубоко расчленена извилистыми сухими долинами саями. Водоразделы между ними представляют собой узкие гряды

нерации равнин выделяются по глубине и степени расчленения ее поверхности. При этом молодые генерации срезают более древние, так что от последних остаются лишь «лепестки» конусов. Наиболее плоские периферические части равнин выделяются на основании присутствия редких одиночных ру-

сел, а также по пятнистому рисунку, образованному влажными участками и болотами или светлыми токами. Суффозионные воронки имеют темный цвет и округлую форму. Песчаные формы дешифрируются по светлому тону и точечному рисунку.

Глава 17

РЕЛЬЕФ РЕЧНЫХ ДОЛИН И СОПРЯЖЕННЫХ СКЛОНОВ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СТРОЕНИЯ РЕЧНЫХ ДОЛИН РАВНИННЫХ РЕК

Строение речных долин равнинных рек платформенных областей рассмотрим на примере рек лесостепной и степной зон Русской равнины. Реки этих зон имеют хорошо выраженные долины, в строении которых выделяются следующие геоморфологические элементы: русло, пойма, надпойменные террасы и склоны долин (рис. 30, 30 а, 31, 31 а).

Русло реки — наиболее углубленная часть речной долины, по которой протекает речной поток. По очертанию в плане различают следующие типы русел рек: 1) прямолинейные, типичные для участков русла с ярко выраженной глубинной эрозией; 2) извилистые — меандрирующие, характерные для участков долин с преобладающей боковой эрозией; 3) разбросанные — разветвленные на протоки, характерные для участков аккумуляции. При разветвлении русла на протоки возникают острова-осередки, вытянутые вдоль русла. Русло состоит из плесов, перекатов и прирусовых отмелей.

Плесы — глубокие участки речного русла, обычно вымыываемые рекой у вогнутого участка берега, разделенные мелкими участками — перекатами. Прирусовые отмели — наклоненные к руслу участки, сложенные аллювием, из которых формируется пойма.

Дешифровочные признаки. На аэроснимках русло реки обычно четко выделяется темным, а иногда светлым фототоном, в зависимости от глубины и отражения воды. При этом плесы имеют более темный по сравнению с перекатами тон. Для последних на крупномасштабных снимках характерен рисунок ряби. Прирусовая отмель обычно характеризуется волнистым микрорельефом и светлым фототоном из-за отражательной способности слагающих ее песчано-галечных отложений. Острова — осередки могут быть светлыми, если они сложены песчаными отложениями, или темными, если они покрыты растительностью.

Пойма — затопляемая в половодье часть дна долины, обычно сложенная аллювием. Пойма образуется в процессе перемещения реки по дну долины. Различают пойму высокую, заливаемую раз в несколько лет, и низкую, заливаемую ежегодно. Поверхность поймы плоская или волнистая, часто



Рис. 30. Долина равнинной реки лесостепной зоны. В долине реки развиты пойма, I и II террасы. Пойма имеет две генерации: низкую и высокую. Низкая пойма примыкает к руслу реки и в виде заливов вдается в высокую пойму. Она имеет на снимке светло-серый, местами белый цвет, по-видимому, из-за песчаного состава. На ней развиты прирусловые валы, протоки, в которых местами сохранилась вода. Высокая пойма имеет на снимке серый цвет, более темный, чем низкая пойма. На ее поверхности также видны протоки, небольшие озера

слегка наклонена в сторону берега. Если пойма имеет значительную ширину, то в ее поперечном сечении выделяются участки, имеющие различный микрорельеф. Это прирусловая, центральная и притеррасная пойма (рис. 32, 32 а).

Прирусовая пойма — наиболее возвышенная часть поймы, примыкает к руслу. Вдоль ее края параллельно руслу протягивается прирусовой вал — сравнительно резко выраженное узкое возвышение, сложенное аллювием. Он образуется во время половодья, когда река выходит из берегов и

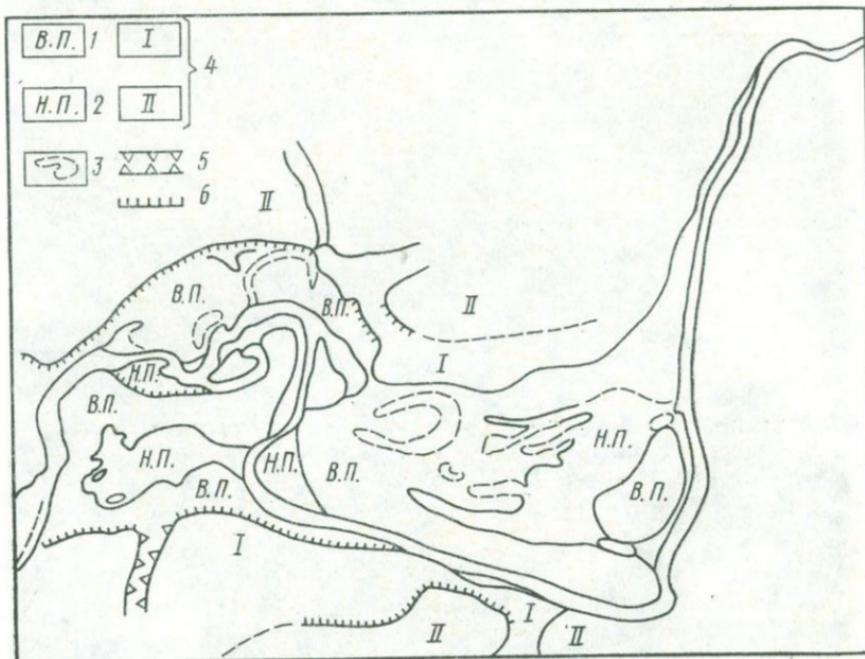


Рис. 30а. Схема дешифрирования к рис. 30:
1 — высокая пойма; 2 — низкая пойма; 3 — старицы, сухие русла, озёра;
4 — I, II — террасы; 5 — овраги; 6 — хорошо выраженные уступы
террас

заливает пойму. Прирусовых валов на пойме может быть несколько. При смещении меандр вниз по течению образуются прирусовые валы, расходящиеся в виде веера, так называемые «веера блуждания».

Центральная пойма имеет волнистую слабовогнутую поверхность. Помимо прирусовых валов, задернованных или перевеянных и превращенных в грави, наблюдаются фрагменты брошенных русел-стариц, заполненных водой, заболоченных или осушенных. Если старицы возникли отшнуровыванием излучины реки при прорыве ее перемычки и имеют форму подковы, они называются старицами-меандрами, а отделившиеся от реки прямолинейные протоки — старицами-протоками.



Рис. 31. Неглубоко врезанная речная долина. Водораздел, по которому проходит шоссейная дорога, сложен древней мореной, перекрытой лесосовидными суглинками. Река течет с юга на север. Правый берег крутой, левый — пологий. В долине реки хорошо развита пойма: низкая и высокая. Низкая пойма непосредственно примыкает к руслу. Она хорошо выделяется по растительности. Высокая пойма развита в излучинах реки. Это ровная местами ступенчатая поверхность серого цвета. I терраса развита широко на левом пологом берегу и несколько уже на правом крутом. Поверхность террасы распахана. В зависимости от посевов, она имеет светло-серый, белый или темно-серый цвет. II терраса развита неширокой полосой на правом берегу; местами она примыкает к пойме, и в этом случае ее уступ хорошо выражен. Границу между I и II террасами провести трудно, так как площадка I террасы и уступ II террасы представляет собой единую наклонную поверхность из-за широкого развития делювия. Поверхность II террасы распахана, на левом берегу она залесена. III терраса развита на правом берегу реки. Поверхность ее наклонная, распахана, плавно переходит в водораздельную поверхность. Правый склон долины прорезан оврагами и покрыт оползнями. Громадный оползневой массив наблюдается в северной части снимка. Здесь оползнь захвачен коренным берег и все три террасы. Поверхность оползня ступенчатая, местами бугристая. Отчетливо выражена осночная стенка отрыва и ряд второстепенных.

В южной части снимка находится менее значительное по размерам оползневое тело с неровным бугристым рельефом

Притеррасная пойма — наиболее пониженная часть поймы, так как обычно в нее врезана притеррасная речка — протока, сообщающаяся с рекой или оторванная от нее. Иногда притеррасная речка представляет собой сеть бочагов или пониженных заболоченных участков, тянувшихся вдоль подножия террасы.

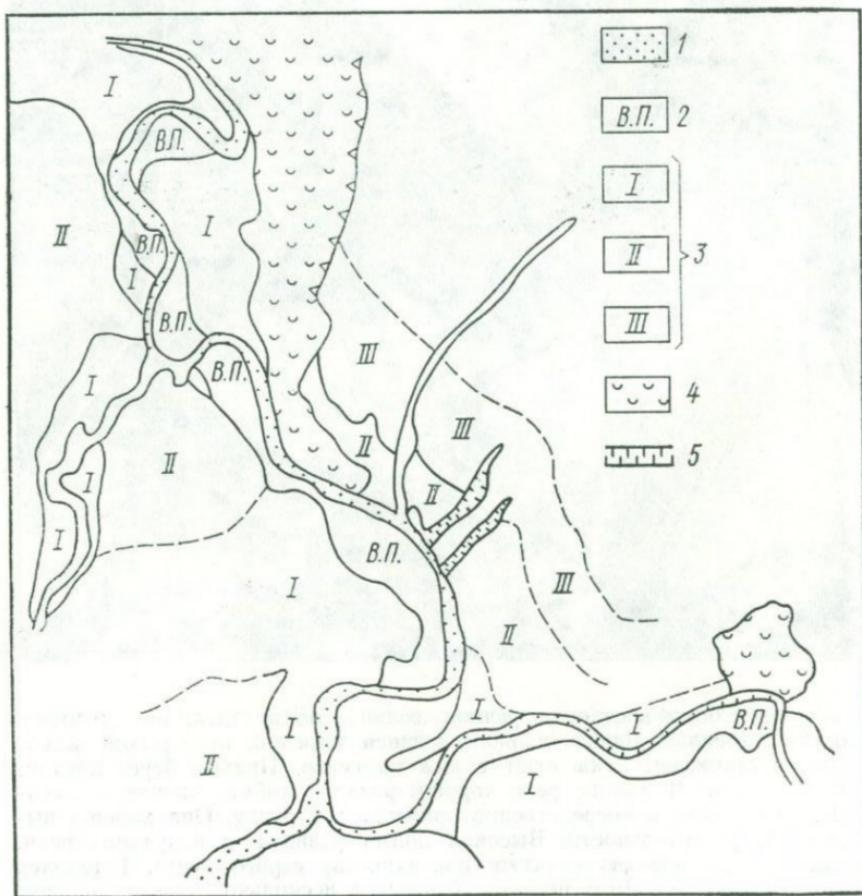


Рис. 31а. Схема дешифрирования к рис. 31:
1 — русло и низкая пойма; 2 — высокая пойма; 3 — I, II, III террасы;
4 — оползни; 5 — овраги

Дешифровочные признаки. Микрорельеф поймы на аэроснимках дешифрируется на основании характерного для каждой формы геометрического рисунка и по фототону. Прирусовые валы дешифрируются по веерообразной, извилистой или вытянутой форме. Форма валов подчеркивается кустарниковой растительностью, обуславливающей точечный рисунок и темный фототон. Старичные водоемы и

притеррасная речка выделяются по форме и пятнистому фототону, зависящему от присутствия воды или степени заболоченности.

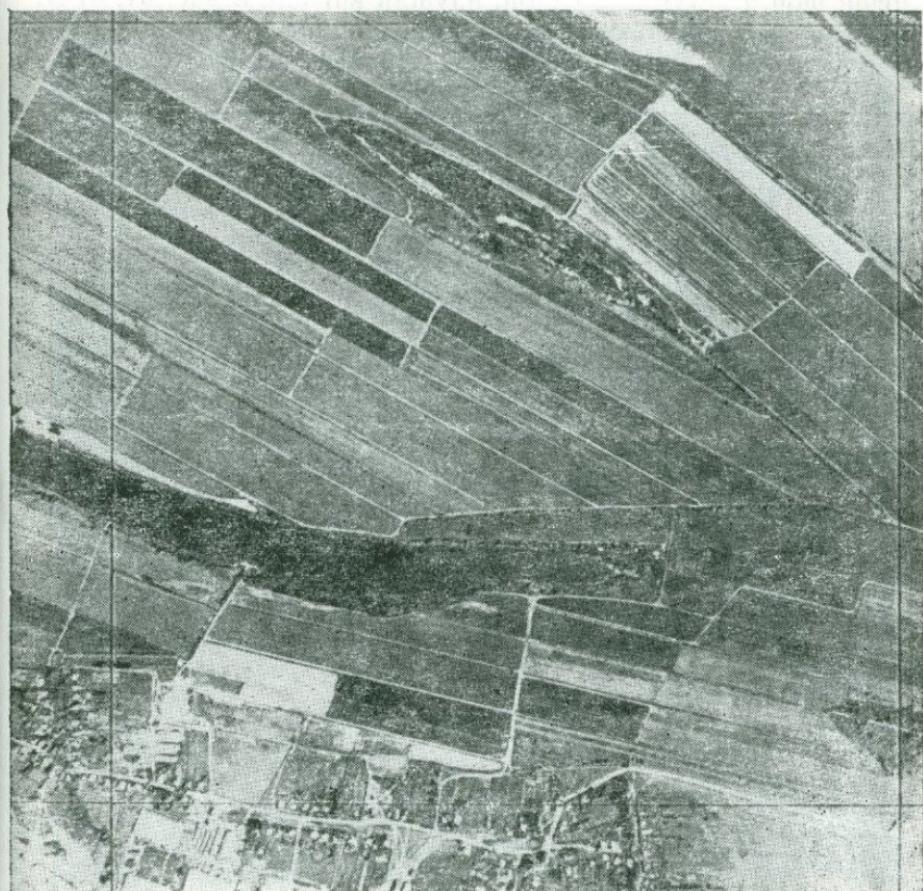


Рис. 32. Распаханная высокая пойма равнинной реки, на поверхности которой сохранились остатки проток и прирусловых валов. Фрагмент крупного протока, представляющего притеррасную речку, наблюдается у внешнего края поймы. Проток заболочен, но вода еще сохраняется. По берегам протока тянется прирусловой вал. У внутреннего края поймы развиты прирусловые валы. Один из них тянется непосредственно вдоль обрыва поймы и является современным. Другой более древний, уже размыт и представляет собой поросший кустарником холм. Непосредственно к руслу реки примыкает полоска низкой поймы, поросшей кустарником. У нижнего края снимка виден пологий склон I террасы, на которой расположен поселок

В долинах больших рек высокая пойма используется под сенокосные угодья или распахивается, тогда ее поверхность имеет пестрый фототон, изменяющийся в пределах геометрических контуров полей.

Речная терраса — выровненная площадка на склоне долины, сформированная водным потоком и представляющая собой остатки прежнего днища. Каждая терраса имеет относительно ровную площадку, ограничивающую ее бровку, тыловой шов и уступ или склон, идущий вниз (см. рис. 31, 31а). Террасы различаются по высоте, ширине и строению (аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные или цокольные и

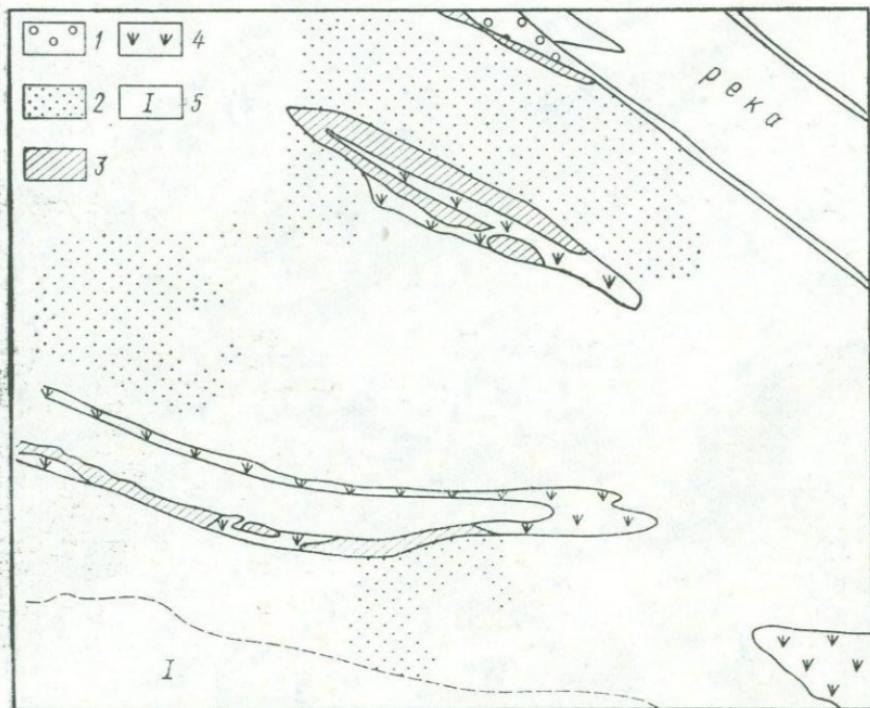


Рис. 32а. Схема дешифрирования к рис. 32:
1 — низкая пойма; 2 — высокая пойма; 3 — прирусловой вал; 4 — заболоченные участки; 5 — I терраса

эрэзионные). Крупные равнинные реки имеют от 3 до 6 и более надпойменных террас, причем самая древняя терраса, тем выше она расположена над дном долины. На протяжении долины террасы развиты неравномерно. На отдельных участках некоторые из них отсутствуют, так как размыты в процессе перемещения русла в долине. При длительном направленном смещении русел в одну сторону, что может быть связано с новейшими тектоническими движениями, долины приобретают асимметричное строение, при котором террасы развиты лишь на одном берегу.

На поверхности низкой террасы могут сохраняться первичные формы рельефа поймы, хотя и слабо выраженные:

еле заметные понижения древних стариц или участки заболачивания. Помимо форм рельефа, связанных с деятельностью реки, на поверхностях всех террас развиты вторичные более молодые наложенные формы: эрозионные (борозды, промоины и др.), эоловые (дюны), карстовые воронки (если



Рис. 33. Речная долина зоны тундры.

Река (темный фототон) с крупными излучинами — меандрами. Выделяются низкая, высокая пойма и I терраса. Пойма развита в излучинах. Рельеф поймы представлен протоками, прирусловыми валами. Валы поросли растительностью, позволяющей отличать их от ложбин. В ложбинах сохранились небольшие озера — старицы. Низкая пойма имеет более светлый тон по сравнению с высокой, так как заросла растительностью.

Поверхность I террасы заболочена. Болота имеют белый цвет, обусловленный болотной растительностью. Местами видны темные округлые формы — термокарстовые озера

близко цоколь, сложенный карбонатными породами), антропогенные (курганы, карьеры, рвы, окопы и др.).

Дешифровочные признаки. Основным дешифровочным признаком террас является их рельеф — ровная по-

верхность и уступ. Уступ террасы обычно подчеркивается развитием эрозионных борозд, промоин, рывчин. Однако уступы террас в равнинных областях часто перекрыты делювиальными шлейфами и не имеют резких очертаний. В таких случаях при дешифрировании террас границу между ними

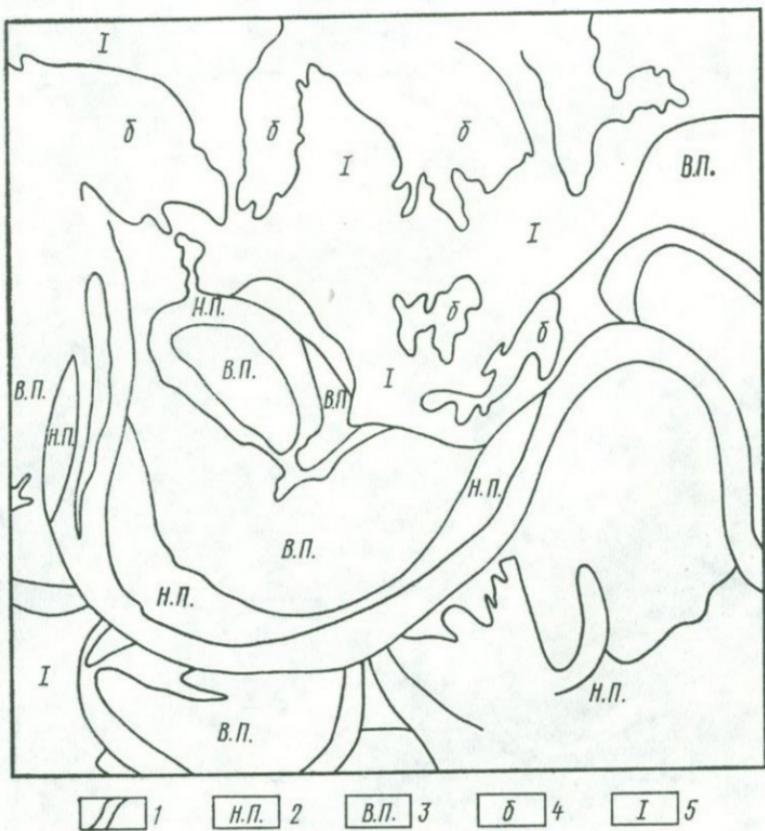


Рис. 33а. Схема дешифрирования рис. 33:
1 — русло; 2 — низкая пойма; 3 — высокая пойма; 4 — борозда; 5 — I терраса

следует проводить по устьям оврагов, так как многие овраги прорезают высокую террасу и открывают на поверхность более низкой. Косвенным признаком в других случаях может служить граница пашни, обычно доходящая до перегиба площадки к склону.

Дополнительный признак отличия террас друг от друга — сохранность первичных форм рельефа на поверхности первой, реже второй террасы и более высокая степень эрозионного расчленения высоких террас, по сравнению с низкими.

Строение речных долин равнинных рек в других климатических зонах аналогично вышеописанному, однако имеют

ся некоторые особенности, связанные с влиянием климата. Так, в тундре речные долины обычно плоские, слабо врезанные. Вследствие незначительных уклонов и развития постоянной мерзлоты реки производят в основном боковую эро-



Рис. 34. Речная долина аридной зоны.

Река меандрирует. Пойма развита в излучинах реки. Хорошо выделяется высокая и низкая пойма. Низкая пойма на аэроснимке имеет темный цвет, высокая — светлый. На пойме сохранились протоки, прирусловые валы. Местами поверхность высокой поймы распахана.

I терраса развита неравномерно на обоих берегах. Повсеместно она имеет довольно хорошо выраженный уступ, подмываемый рекой или обрывающийся к высокой пойме. Поверхность террасы неравномерно пятнистая, что, по-видимому, объясняется разным характером растительности, а также развитием эолового рельефа — бугристо-ячеистых песков

зию, отчего русла рек интенсивно меандрируют (рис. 33, 33а). Высокие террасы часто отсутствуют, низкие не имеют резко выраженных уступов, так как широко развиты процессы со-

лифлюкции. На поверхностях террас и поймы широко развиты болота, термокарстовые воронки и морозобойные полигоны.

В лесной зоне террасы в долинах рек, хотя и развиты достаточно полно, дешифрируются с большими трудностями из-

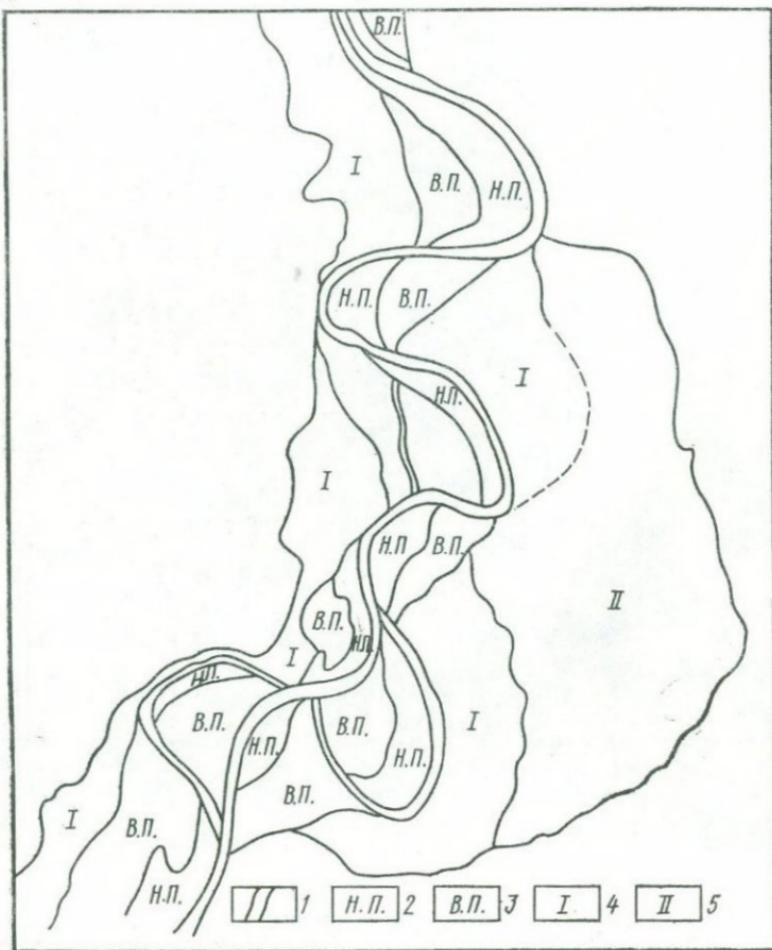


Рис. 34а. Схема дешифрирования к рис. 34:
1 — русло; 2 — низкая пойма; 3 — высокая пойма; 4 — I терраса;
5 — II терраса

за сплошного растительного покрова. Лишь косвенные признаки — изменение фототона растительности, степень развития вторичных эрозионных форм — позволяют условно проводить границу между террасами (см. рис. 15).

В пустынях в долинах транзитных рек достаточно отчетливо выражены пойма и низкие террасы (рис. 34, 34а). Од-

нако в некоторых случаях развитие песчаных образований в виде барханов или грядовых песков затрудняет дешифрирование этих форм речной долины.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА СКЛОНОВ ДОЛИН РАВНИННЫХ РЕК

На склонах речных долин развиваются формы рельефа, связанные с процессами плоскостного смыва, эрозией временных потоков и гравитацией.

В результате плоскостного смыва происходит сглаживание бровок террас, а в нижней части уступов террас образуется пологонаклоненный к реке рельеф дельвиальных шлейфов. Это обусловливает выполаживание уступов и наклон поверхностей террас от тылового шва к бровке. Дельвиальные шлейфы дешифрируются по серому однообразному фототону.

На склонах террас и коренного берега, особенно в степной зоне, широко развиты первичные эрозионные формы (рытвины, борозды, промоины и более крупные формы — овраги). В устьевых частях оврагов формируются пологонаклоненные пролювиальные конусы выноса. На аэроснимках рытвины, борозды, промоины имеют линейную или извилистую форму, небольшие размеры, более темный фототон по сравнению с окружающей поверхностью. Для оврагов характерна ветвистая форма, большие размеры и контрастность фототона на разных склонах.

С выходами грунтовых вод на крутых склонах коренного берега речных долин и уступах террас связано развитие гравитационного рельефа — оползней (см. рис. 31, 31а), характеризующихся террасированностью и бугристой поверхностью с отчетливо выраженным у отдельных оползневых тел стенками отрыва.

На пологих склонах террас при увлажнении грунта наблюдаются оплывины. В таких местах склон характеризуется микроступенчатостью и микрогофрировкой, а отдельные крупные и свежие оплывины выделяются светлыми пятнами.

В результате развития аккумулятивных и эрозионных склоновых форм строение рельефа речных долин усложняется и они иногда утрачивают свою первоначальную террасированность.

Рассмотренные особенности строения склонов речных долин характерны в основном для лесостепной и степной зон умеренного пояса. У речных долин лесной зоны вследствие закрепления склонов древесной и кустарниковой растительностью склоновые формы рельефа развиты слабее.

В тундре, относящейся к субнivalальному поясу, на склонах речных долин, широко развиты солифлюкционные фор-

§ 3. СТРОЕНИЕ ДОЛИН ГОРНЫХ РЕК

В долинах горных рек выделяются те же морфологические элементы, которые характерны для равнинных рек. Однако они, как и долины в целом, имеют свои характерные особенности. Речные долины горных рек узкие, *V*-образные, глубоко врезаны в склоны гор (рис. 35, 35а).

Русло реки в меженное время занимает все дно долины и склоны ее вплотную подходят к реке. Русло горных рек отличается значительным падением, стремительным течением и невыработанностью продольного профиля. Нередко наблюдаются пороги и быстрины, указывающие на интенсивную еще продолжающуюся глубинную эрозию.

Пойма в долинах горных рек развита слабо; неширокие ее участки наблюдаются то по одному, то по другому берегу реки. Иногда пойма представлена узкими прерывистыми полосками прирусловых галечниковых отмелей. В предгорьях, где долина расширяется, пойма развита шире и представлена многочисленными островами и косами, разделенными протоками.

На аэрофотоснимках пойма выделяется по резкому белому фототону.

В долинах горных рек выделяется до 7—10 и более уровней надпойменных террас, но сохраняются они в виде разрозненных, далеко отстоящих друг от друга фрагментов.

Высокие (древние) террасы являются преимущественно эрозионными и сложены коренными породами. Они размыты сильнее, чем низкие, и часто от них сохраняются лишь эрозионные перегибы склонов. Более низкие, молодые террасы, обычно цокольные, реже аккумулятивные, сохраняются несколько лучше, на аэроснимках они дешифрируются в виде узких площадок, являющихся фрагментами террас у тыльного шва.

В узких и крутосклонных горных долинах террасы вместе с наложенными на них конусами выноса боковых притоков являются единственными удобными местами для расположения селений и малых площадей сельскохозяйственных культур.

Асимметрия склонов у речных долин четко выражена и часто обусловлена тектоническими причинами.



Рис. 35. Узкая V-образная долина горной реки, врезанная в коренные породы. Долина асимметричная, правый склон крутой, левый — пологий (река течет с востока на запад). На отдельных участках долины развита пойма. Террас почти нет, лишь на левом берегу сохранился фрагмент высокой террасы. Относительно пологие склоны покрыты делювиально-гравитационными отложениями. В основании крутых склонов развиты шлейфы осыпей. На склоне долины над террасой виден бугристый оползневой рельеф. При впадении боковых притоков наблюдаются про лювиальные конусы выноса.

§ 4. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА СКЛОНОВ ГОРНЫХ РЕК

В горных областях (Кавказ, Средняя Азия) на крутых склонах речных долин, сложенных преимущественно скальными породами, широко развиты гравитационные формы — обвалы и осыпи. На аэрофотоснимках (см. рис. 35, 35а) обвалы выделяются по бугристому рельефу, а в местах

развития осыпей наблюдается струйчатый рисунок из-за многочисленных желобов, по которым скатывается обломочный материал. У нижнего конца таких ложбин из скопления обломков образуются конусы осыпей, поверхность которых

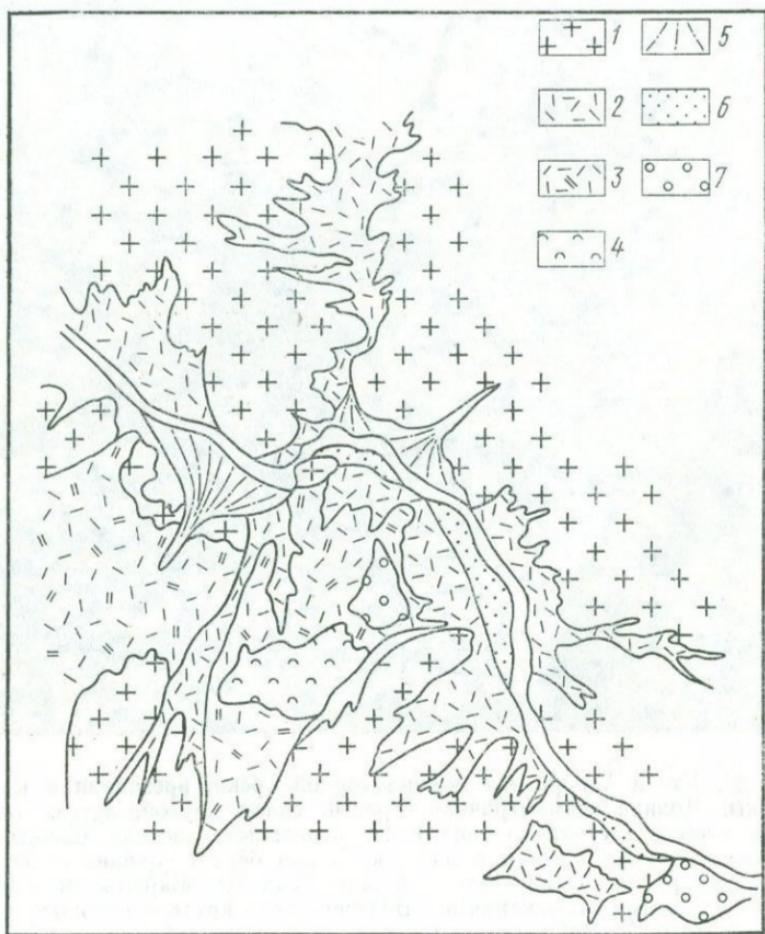


Рис. 35а. Схема дешифрирования к рис. 35:
1 — коренные породы; 2 — осыпи; 3 — делювиально-гравитационный покров; 4 — оползни; 5 — конусы выноса; 6 — пойма; 7 — терраса

круто наклонена. Иногда отдельные конусы осыпей сливаются в сплошную кайму, образуя у подножья склонов осыпные шлейфы. Как правило, осыпи имеют более светлую окраску на снимках, чем коренные породы. На склонах средней крутизны и у их подножия формируются делювиально-гравитационные пласти, выделяющиеся на аэро-

роснимках светло-серым фототоном, в пределах которых выходы коренных пород имеют более темный тон. При определенных гидрогеологических условиях здесь образуются также оползневые формы, имеющие на аэроснимках бугристый или ступенчатый рельеф (см. рис. 35, 35а).

В устьевых частях временных горных ручьев, расчленяющих крутые склоны горных долин, образуются пролювиальные конусы выноса, напоминающие по форме конусы осыпей, но имеющие более пологие углы наклона поверхности. Конусы выноса боковых притоков, подмытые главной рекой, могут образовать псевдотеррасы, свойственные только горным рекам.

На пологих склонах долин рек (в предгорьях) в нижних их частях формируются делювиальные шлейфы, а иногда наблюдаются и оползневые формы.

В долинах горных рек, где широко развита вечная мерзлота, склоны их перекрыты солифлюкционными покровами, под которыми могут быть погребены уступы и площадки террас. Солифлюкционные покровы дешифрируются по мягким очертаниям склонов, имеющих мелкопятнистый рисунок.

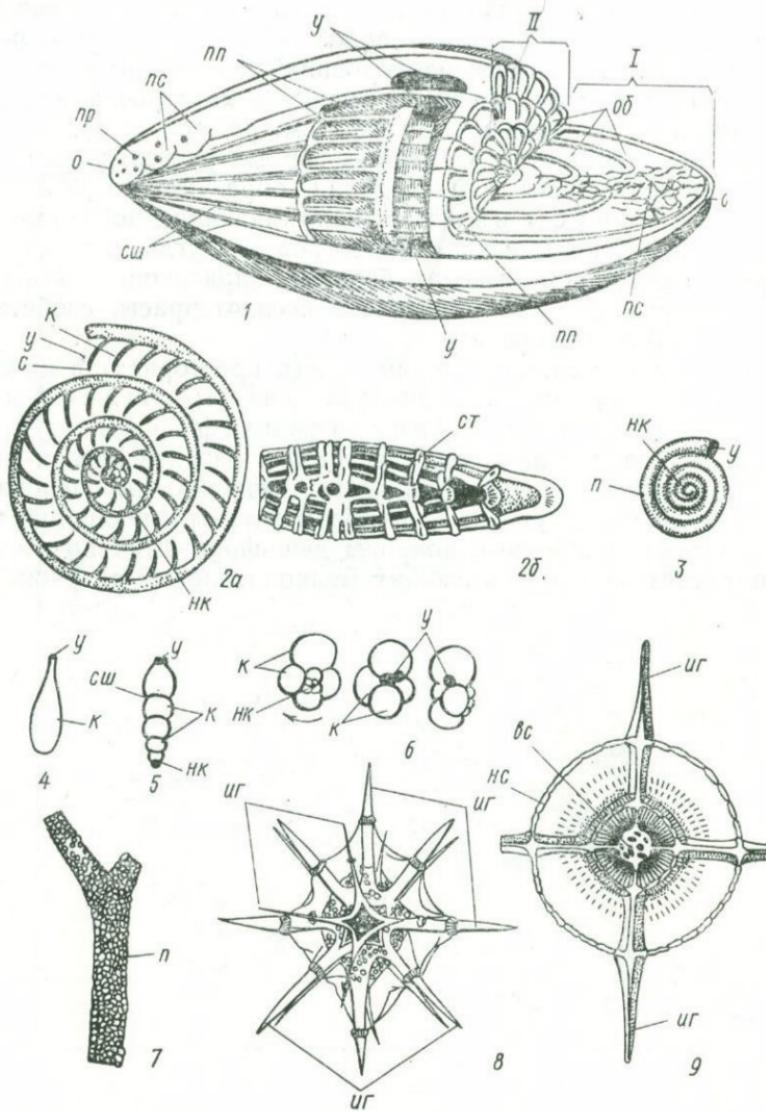


Таблица I

Схема строения раковин фораминифер и радиолярий (сильное увеличение):

1 — *Fasulina*: I — продольное (осевое) сечение; II — поперечное сечение; 2 — *Nummulites*: а — поперечное сечение (видны спиральные обороты), б — продольное сечение (видны спиральные обороты), 3 — *Ammodiscus*; 4 — *Lagena*; 5 — *Nodosaria*; 6 — *Globigerina*; 7 — *Rhabdammina*; 8, 9 — *Radiolaria*; *oo* — ось навивки раковины, *об* — обороты раковины, *пп* — прямая часть перегородки, *пр* — поры перегородок, *пс* — складчатая часть перегородок, *у* — устье, *сш* — септальные швы, *с* — септы, *нк* — начальная камера, *к* — камеры, *п* — песчаные зерна, *иг* — иглы, *цк* — центральная капсула, *ст* — столбики, *вс* — внутренний скелет, *нс* — внешний скелет

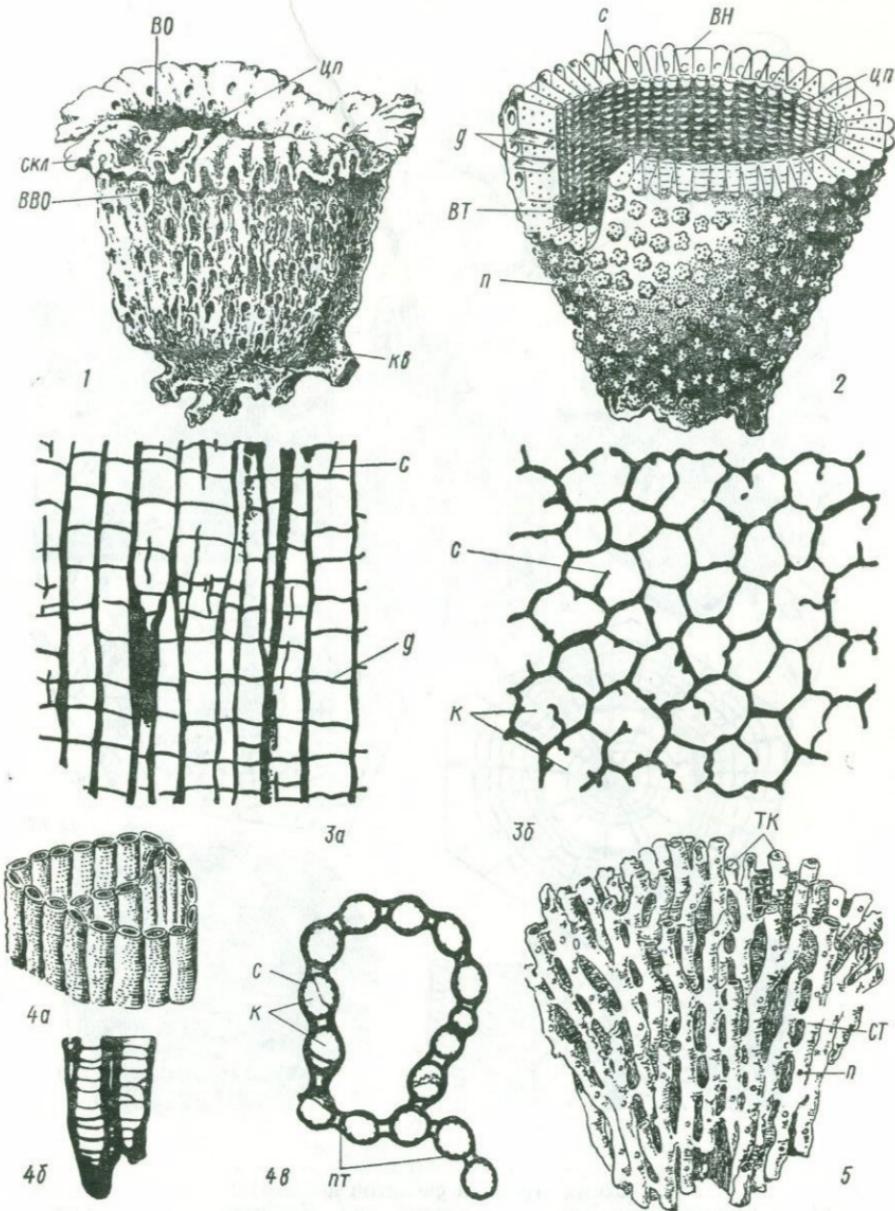


Таблица II

1 — схема строения скелета губок: *ввo* — вводные отверстия, *вo* — выводные отверстия, *кв* — корневые выросты, *скл* — складки, *цп* — центральная полость; 2 — схема строения археоциат: *вн* — внешняя стенка, *вт* — внутренняя стенка, *д* — днища, *с* — септы, *цп* — центральная полость, *п* — поры. Схема строения скелетов кишечнополостных: 3 — колония *Chaetetes*: *a* — продольное сечение, *б* — поперечное сечение; 4 — *Nalysites*: *a* — внешний вид колонии, *б* — продольное сечение, *в* — поперечное сечение; 5 — колония *Syringopora*: *к* — кораллиты, *с* — септы и псевдосепты, *д* — днища, *пр* — промежуточные трубки, *ст* — соединительные трубки, *п* — поры

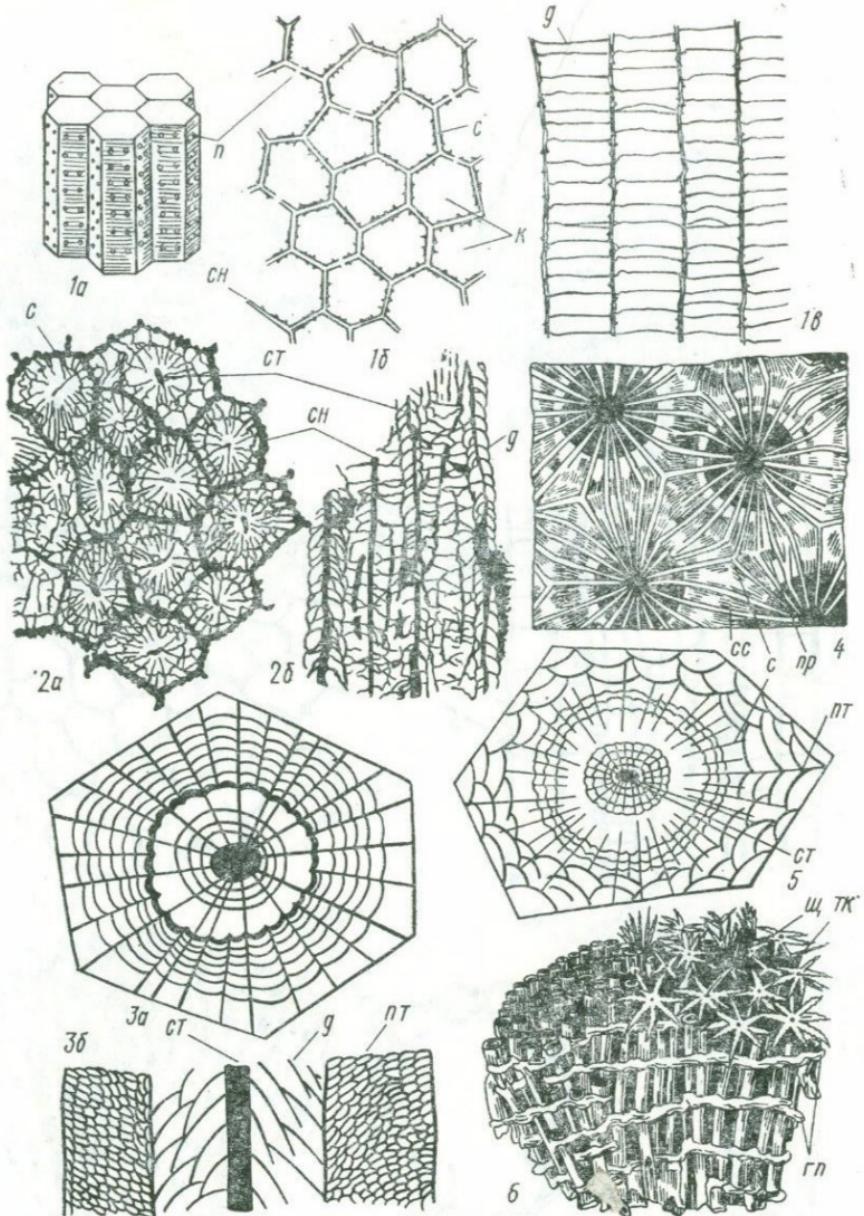


Таблица III

Схема строения скелетов кораллов:

1 — колония *Favosites*: а — внешний вид, б — поперечное сечение, в — продольное сечение; 2 — *Lithostrotionella*: а — поперечное сечение, б — продольное сечение; 3 — *Lithostrotion*: а — поперечное сечение, б — продольное сечение; 4 — поверхность колонии *Styliina*; 5 — поперечное сечение одного кораллита *Lonsdaleia*; 6 — современная форма колонии *Tubipora*: к — кораллиты, тк — трубчатые кораллиты, с — септы, д — днища, ст — столбик, сн — стенка, пт — пузырчатая ткань, пр — промежуточная ткань, сс — срастание септ, щ — щупальцы, гп — горизонтальные пластинки

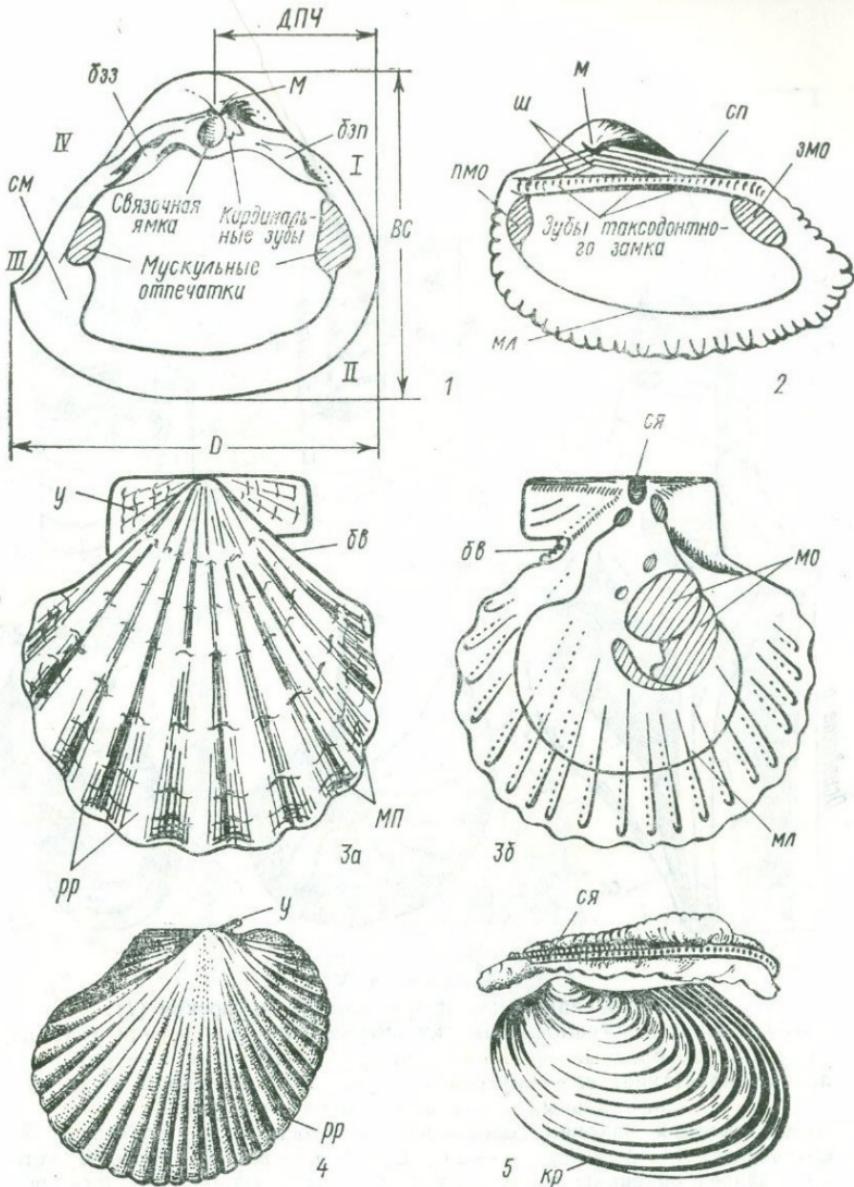


Таблица IV

Схема строения двустворчатых моллюсков:

1 — строение левой створки рода *Mactra* изнутри (отр. *Heterodonta*): I—II — передний край, II—III — нижний край, III—IV — задний край, IV—I — замочный край; 2 — строение правой створки рода *Arca* изнутри (отр. *Taxodontia*); 3—5 — строение раковин отряда *Dysodonta*: 3 — строение рода *Chlamys*: а — правая створка снаружи, б — правая створка изнутри: 4 — внешний вид раковин *Monotis*; 5 — внешний вид раковин *Inoceramus*: а — левая створка снаружи, б — левая створка со стороны замочного края; Д — длина створки, ВС — высота створки, ДПЧ — длина передней части створки, М — макушка, бз — боковые зубы (задние), бзп — боковые зубы (передние), мл — мантийная линия, см — синус мантийной линии, мо — мускульные отпечатки, пмо — передние мускульные отпечатки, змо — задние мускульные отпечатки, ш — шевроны, сп — связочная площадка, ся — связочные ямки, у — ушки, бв — биссультный вырез, РР — радиальные ребра, кр — концентрические ребра

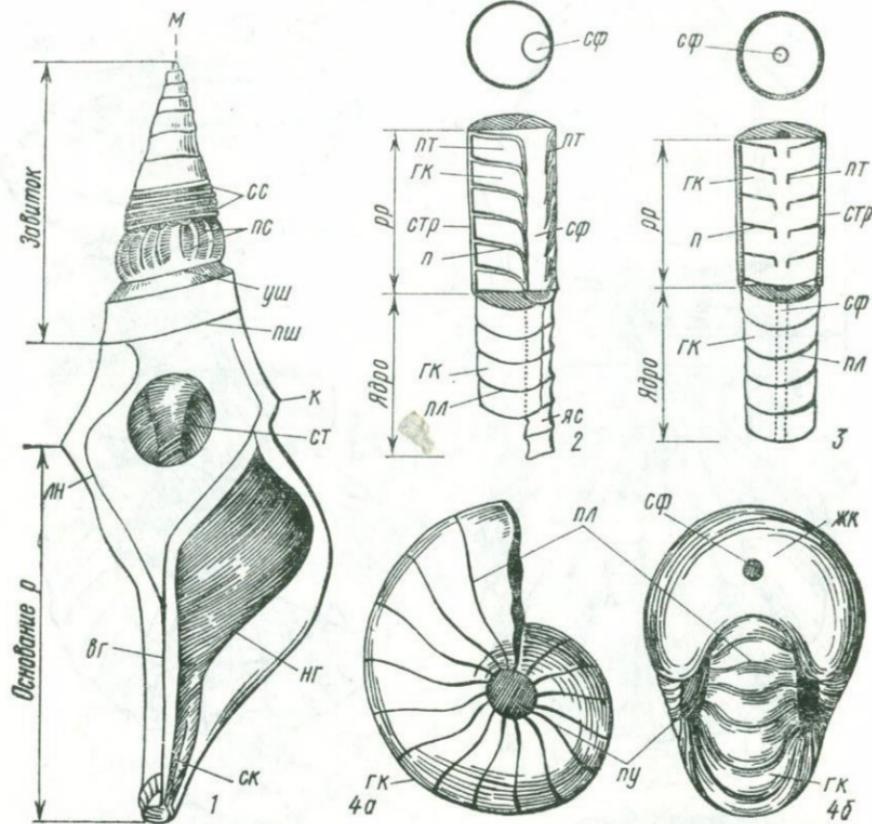


Таблица V

Схема строения раковин брюхоногих моллюсков (1):
 м — макушка, сс — спиральная скульптура, пс — поперечная скульптура, уш — углубленный шов, пш — поверхностный шов, к — киль, ли — линия нарастания, вг — внутренняя губа, нг — наружная губа, ск — сифональный канал, ст — столбик, у — устье;
 схема строения раковин головоногих моллюсков: 2 — *Endoceras*; 3 — *Orthoceras*; 4 — *Nautilus*: а — вид сбоку, б — вид со стороны устья; pp — разрез раковины через осевую плоскость, сф — сифон, пл — перегородочная линия, стр — стенка раковин, пу — пупок, гк — газоносные камеры, п — перегородки, пт — перегородочная трубка, яс — ядро сифона, жк — жилая камера

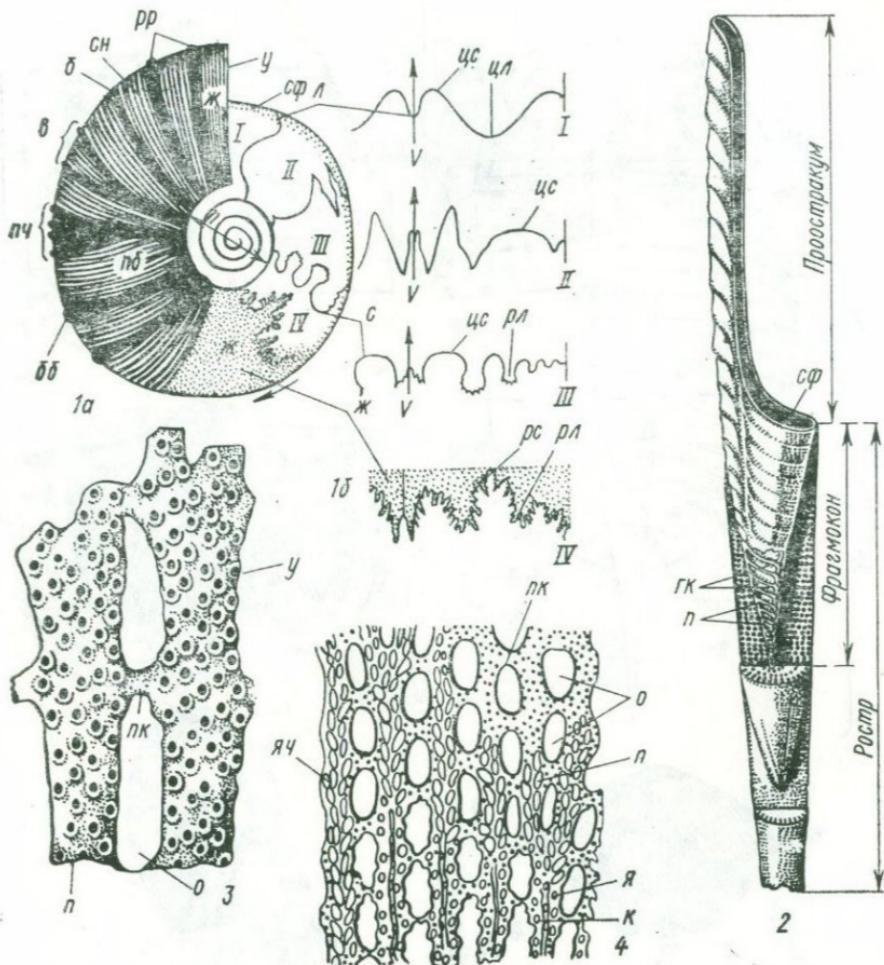


Таблица VI

Схема строения раковин аммоноидей (1):
 а — слева — внешняя поверхность раковины, справа — ядро раковины,
 б — четыре типа лопастных линий: I — агониатитовая, II — гониатитовая,
 III — цератитовая, IV — аммонитовая (стрелка указывает, где находит-
 ся жилая камера), V — брюшная лопасть; pp — поперечные ребра,
 сн — струйки нарастания, бб — брюшные бугорки, у — устье, сф — сифон,
 л — лопасть, цл — цельная лопасть, цс — цельное седло, рс — рассечен-
 ное седло, ж — жилая камера, I—IV — газоносные камеры;
 схема строения белемноидей (2):

гк — газоносные камеры, п — перегородки, сф — сифон.

Схема строения скелета мшанок: 3 — род *Polypora*, 4 — род *Fenestella*;
 о — отверстия, нк — перекладины, п — прутья, к — киль, у — устье, я —
 вид ячеек на поверхность колоний, яч — вид ячеек глубже

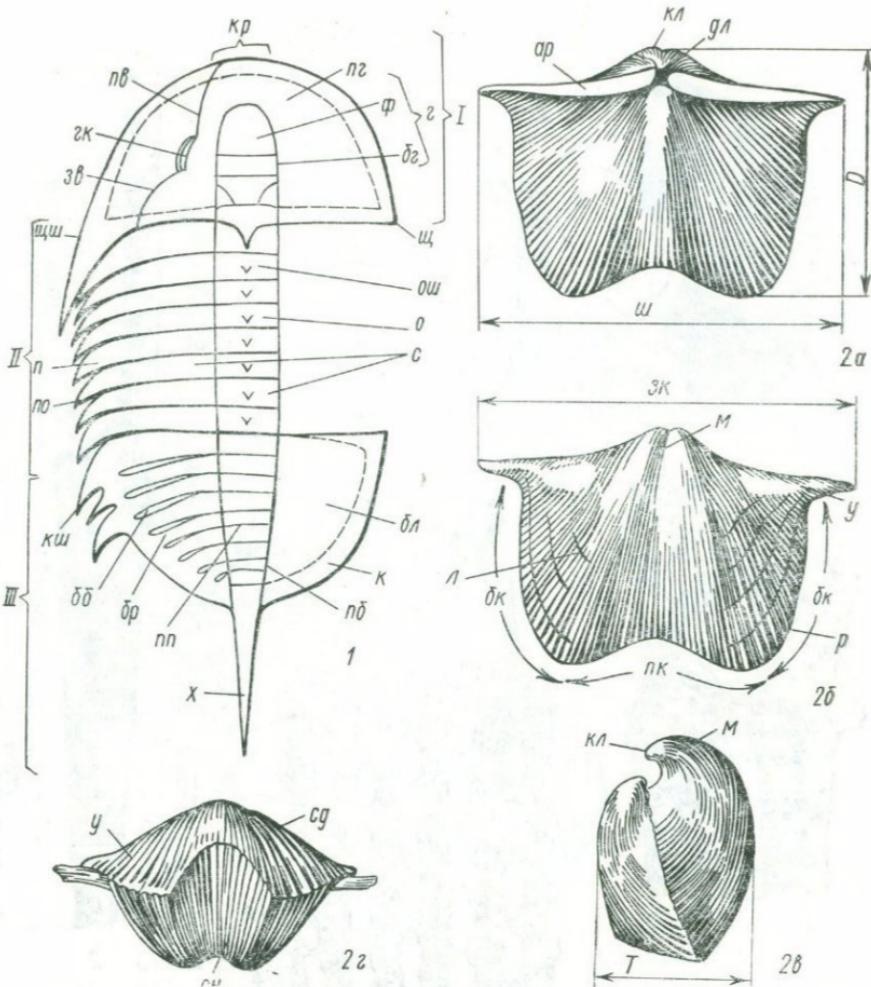


Таблица VII

Схема строения панциря трилобита (1):

I — головной щит: *г* — глабели, *бг* — борозды глабели, *ф* — фронтальная лопасть, *гк* — глаза, *пг* — предглабельное поле, *кп* — кранидий, *зв* — задняя ветвь лицевого шва, *пв* — передняя ветвь, *к* — краевая кайма, *щ* — щечный угол, *щш* — щечные шипы; II — туловищный отдел: *о* — осевая часть туловища, *ош* — осевые шипы, *п* — плевральные окончания, *с* — сегменты; III — хвостовый щит: *бл* — боковые бороздки, *бр* — боковые ребра, *кш* — краевые шипы, *пб* — продольные бороздки, *пп* — поперечные бороздки, *х* — хвостовой шип (тельсон).

Схема строения раковин брахиопод (2):

а — вид со стороны спинной створки, б — вид со стороны брюшной створки, в — вид сбоку, г — вид спереди; *Д* — длина раковины, *Т* — толщина, *Ш* — ширина, *зк* — замочный край, *бк* — боковой край, *пк* — передний край, *м* — макушка, *ар* — арея, *у* — ушки, *кл* — клюв, *сн* — синус, *сд* — седло, *р* — радиальные ребра, *л* — линии нарастания, *дл* — дельтирий

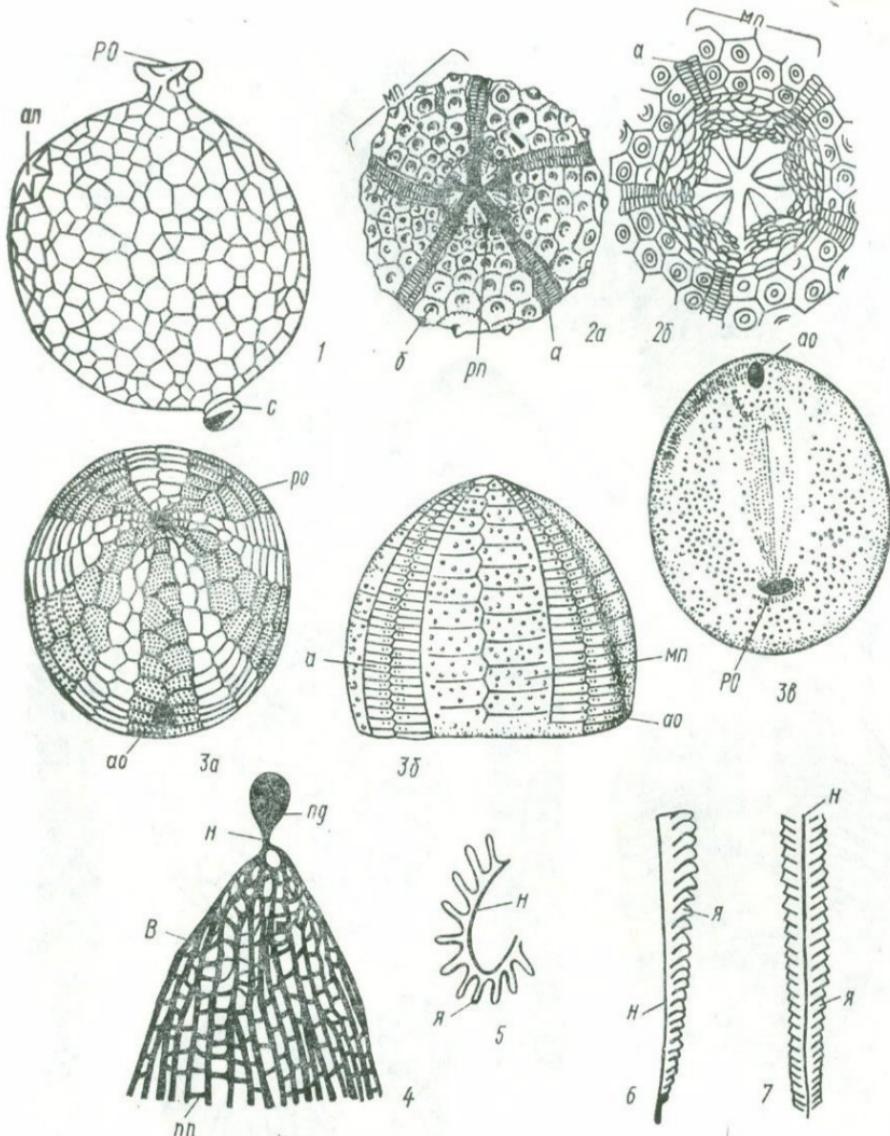


Таблица VIII

Схема строения иглокожих:

1 — строение морских пузырей (*Echinospaerites*), 2 — строение панциря правильного морского ежа (*Archaeocidaris*): а — внешний вид со стороны ротового отверстия, б — строение ротового поля; 3 — строение панциря неправильного морского ежа (*Echinocorys*): а — строение нижней цирия, б — вид сбоку, в — вид снизу; ап — анальная пирамидка, по — ротовое отверстие, ао — анальное отверстие, а — амбулакральные поля, мп — межамбулакральные поля, рн — ротовое поле, б — бугорки поля, для игл, ч — челюсть.

Схемы строения скелета колоний граптолитов: 4 — *Dictyonema*, 5 — *Rastites*, 6 — *Monograptus*, 7 — *Diplograptus*; в — отдельные ветви, н — нема, пд — прикрепительный диск, нп — поперечные перемычки, я — ячейки

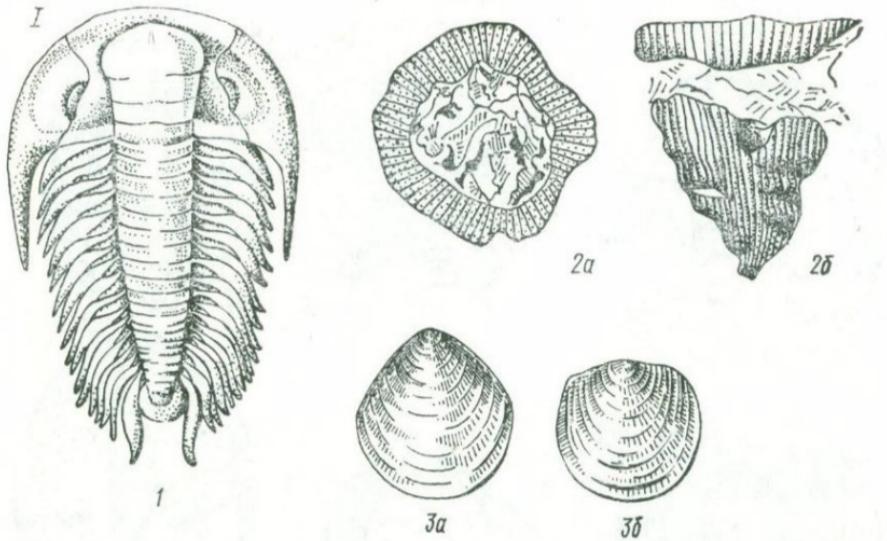


Таблица IX

Некоторые руководящие ископаемые кембрийского (I) и ордовикского (II) периодов:

I. 1 — *Paradoxides*, 2 — *Archaeocyathus*: а — поперечный разрез, б — вид сбоку; 3 — *Obolus*: а — внешний вид брюшной створки, б — внешний вид спинной створки.

II. 1 — *Asaphus*, 2 — *Endoceras*, 3 — *Echinospaerites*, 4 — *Diplograptus*, 5 — *Orthis*: а — внешний вид раковины сбоку, б — внешний вид брюшной створки

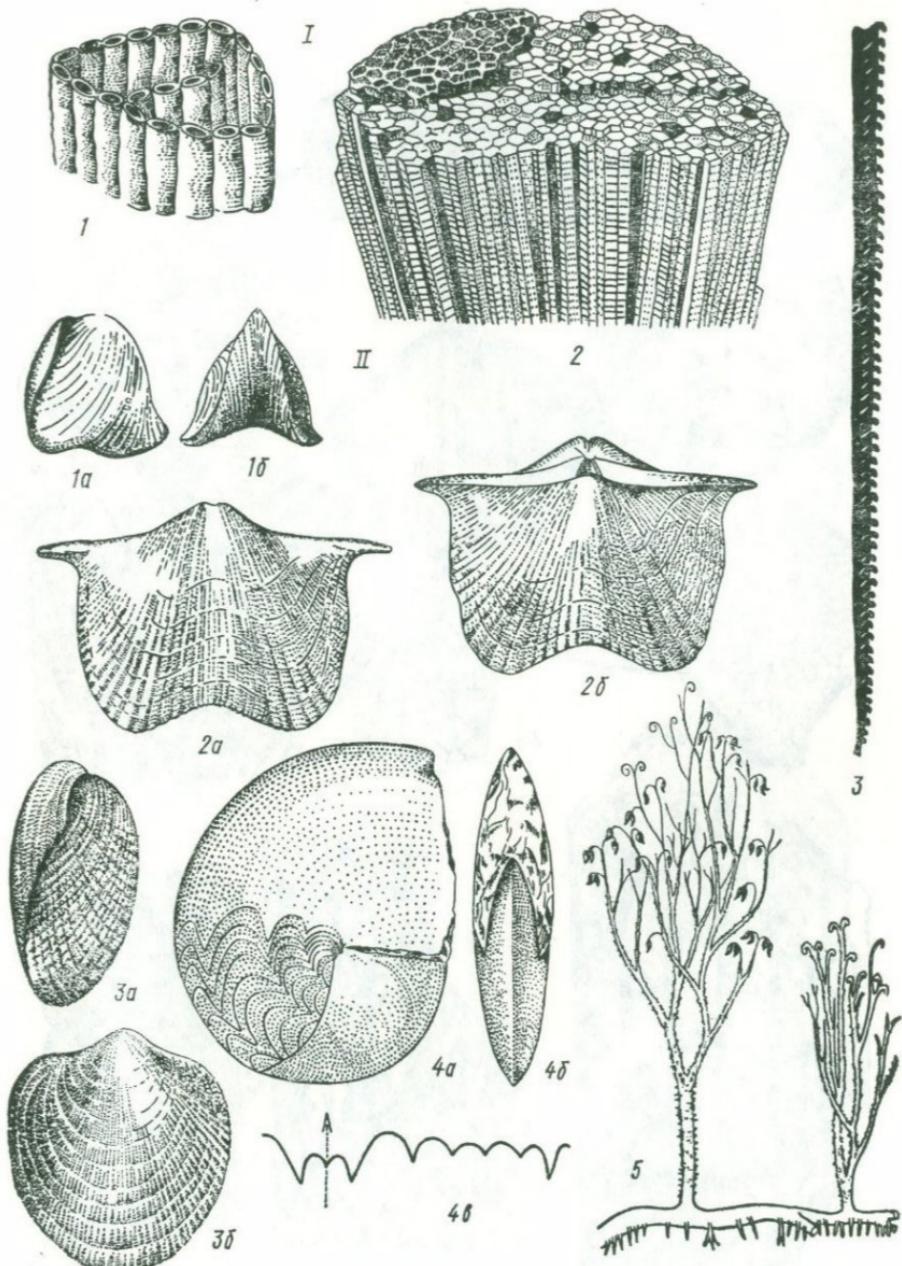


Таблица Х
Некоторые руководящие ископаемые силурийского (I) и девонского (II)
периодов:

I. 1 — *Halysites*, 2 — *Favosites*, 3 — *Monograptus*.

II. 1 — *Ladogia*: а — вид со стороны спинной створки, б — вид со стороны брюшной створки; 2 — *Cyrtospirifer*: а — вид со стороны брюшной створки, б — вид со стороны спинной створки; 3 — *Atrypa*: а — вид сбоку, б — вид со стороны брюшной створки; 4 — *Timanites*: а — вид сбоку, б — вид со стороны устья, в — лопастная линия; 5 — *Psilophyton*

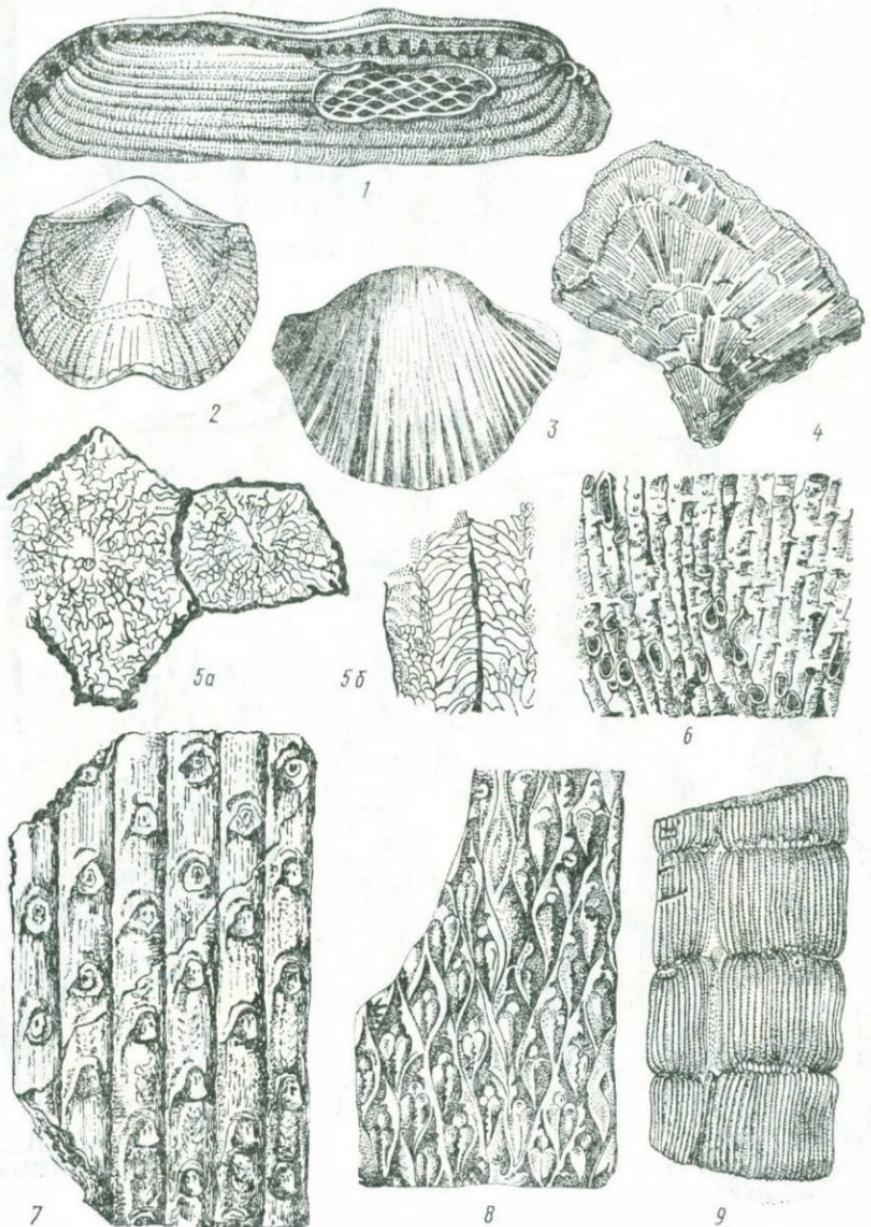


Таблица XI

Некоторые руководящие ископаемые каменноугольного периода:
 1 — *Fusulina*; 2 — *Choristites*; 3 — *Gigantoprotus*; 4 — *Chaetetes*; 5 —
Lithostrotion: а — поперечное сечение, б — продольное сечение; 6 — *Syringopora*;
 7 — кора *Sigillaria*; 8 — кора *Lepidodendron*; 9 — древесина
Calamites

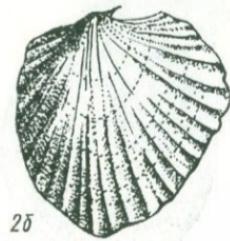
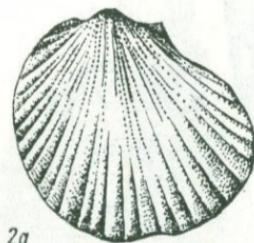
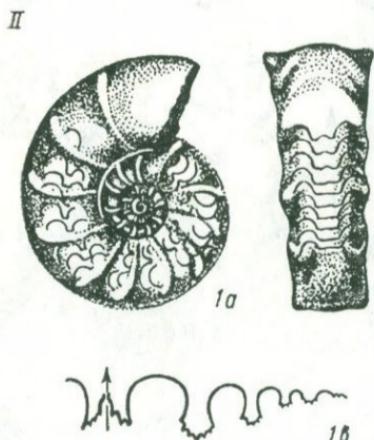
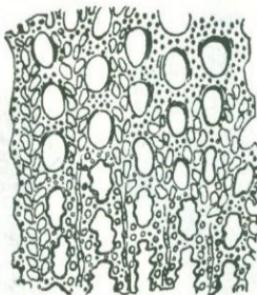
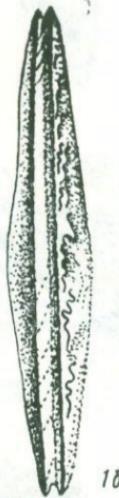


Таблица XII
Некоторые руководящие ископаемые пермского (I) и триасового (II)
периодов:

I. 1 — *Medlicottia*: а — вид сбоку, б — вид с брюшной стороны; 2 — *Fenestella*.

II. 1 — *Ceratites*: а — вид сбоку, б — вид с брюшной стороны, в — лопастная линия с мелкозубчатыми лопастями; 2 — *Monotis*: а — левая створка снаружи, б — правая створка снаружи

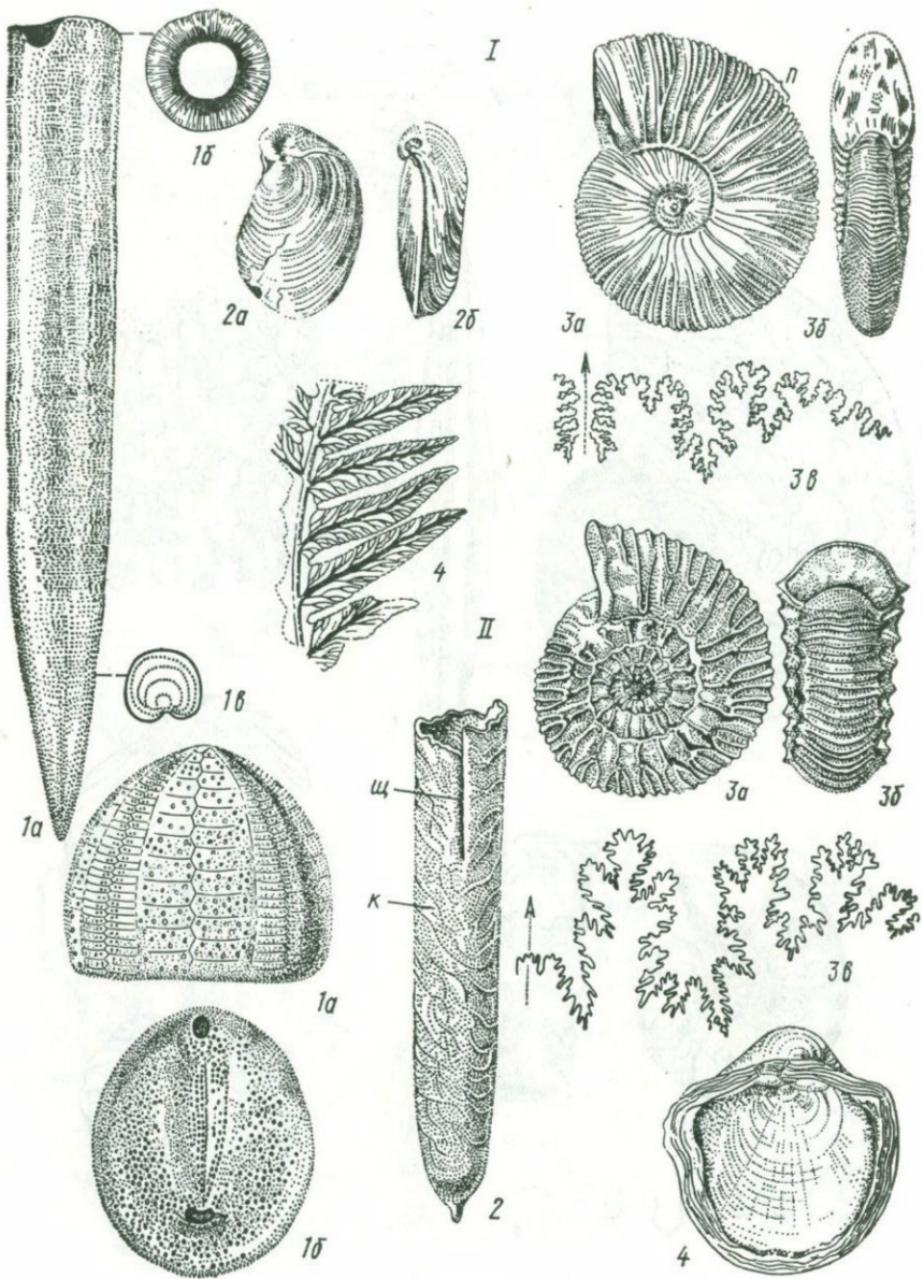


Таблица XIII

Некоторые руководящие ископаемые юрского (I) и мелового (II) периодов:

- I. 1 — *Cylindroteuthis*: а — внешний вид ростра с брюшной стороны, б — поперечное сечение верхней части ростра, в — поперечное сечение нижней половины ростра; 2 — *Aucella*: а — внешний вид раковины со стороны правой створки, б — вид сбоку; 3 — *Virgatites*: а — вид сбоку, б — вид со стороны устья, в — лопастная линия; 4 — *Cladophlebis*.
- II. 1 — *Echinocorys*: а — вид сбоку, б — вид снизу; 2 — *Belemnitella*; 3 — *Simbirskites*: а — вид сбоку, б — вид со стороны устья, в — лопастная линия; 4 — *Gryphaea*

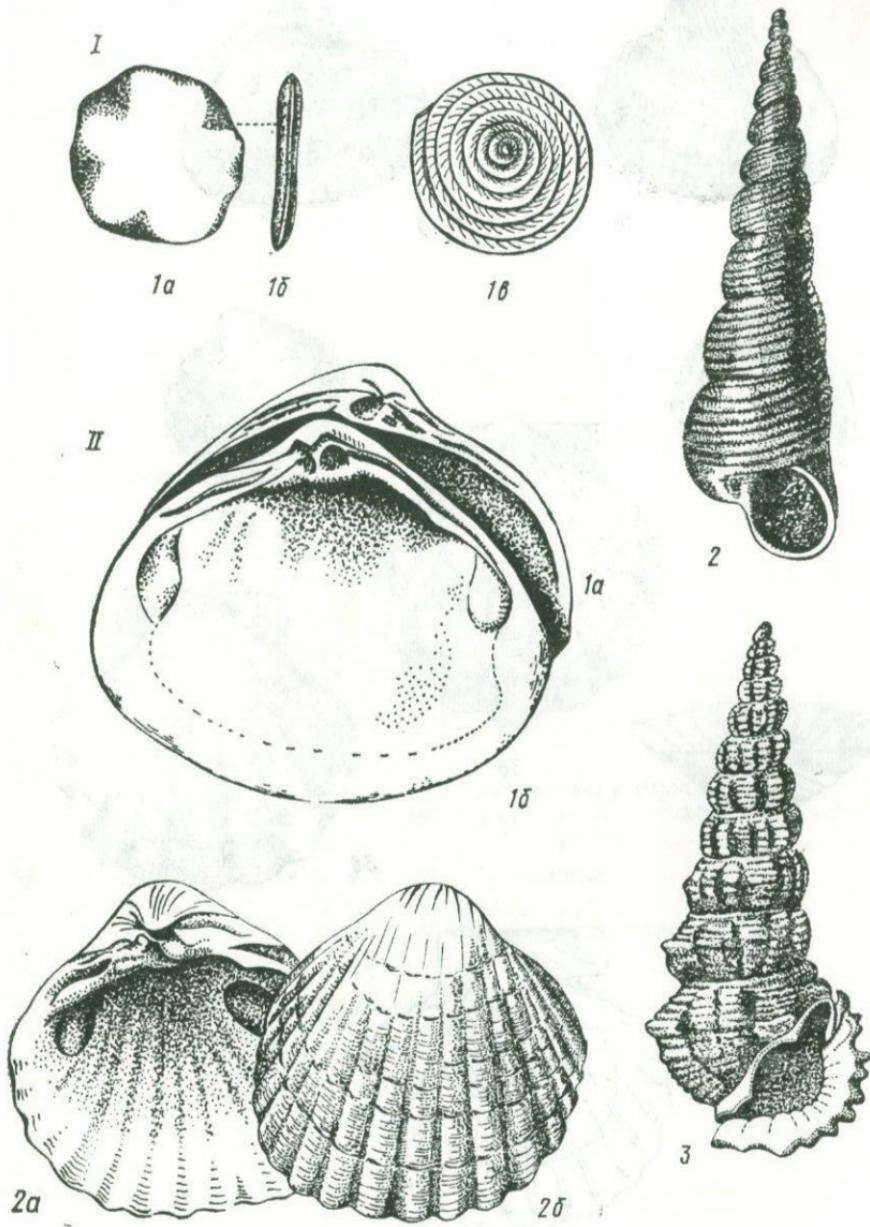


Таблица XIV

Некоторые руководящие ископаемые палеогенового (I) и неогенового (II) периодов:

I. 1 — *Nummulites*: а — внешний вид сверху, б — вид сбоку, в — поперечное (экваториальное) сечение; 2 — *Turrilatella*.

II. 1 — *Mactra*: а — левая створка изнутри, б — правая створка изнутри; 2 — *Cardium*: а — правая створка изнутри, б — правая створка снаружи; 3 — *Cerithium*

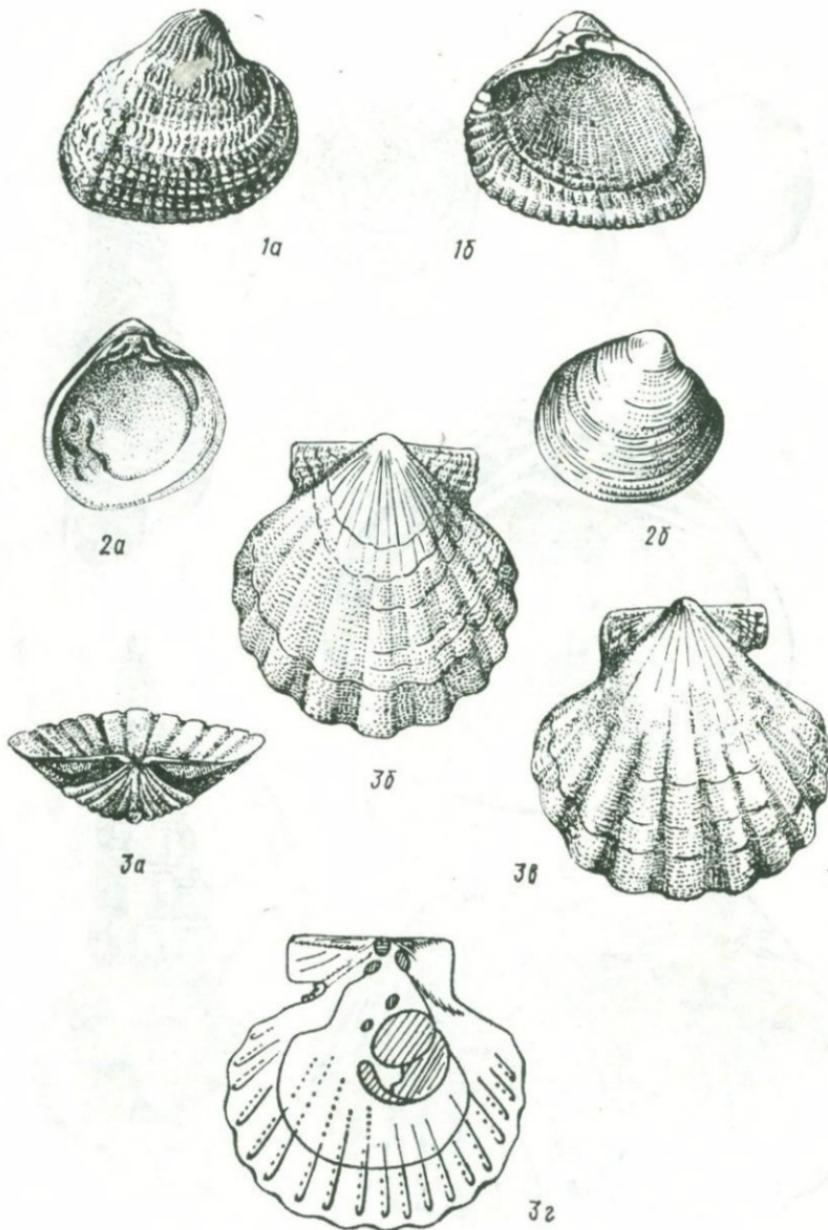


Таблица XV

Некоторые руководящие ископаемые антропогенового периода:
 1 — *Didacna*: а — правая створка снаружи, б — правая створка изнутри (Каспийский бассейн); 2 — *Venus*: а — левая створка изнутри, б — правая створка снаружи (Черноморский бассейн); 3 — *Pecten*: а — внешний вид раковины со стороны макушки, б — левая створка снаружи, в — правая створка снаружи, г — правая створка изнутри

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	3
Раздел I. Общие сведения по кристаллографии, минералогии и петрографии	4
Г л а в а 1. Минералы	4
§ 1. Формы минералов	5
§ 2. Методы определения минералов	8
§ 3. Физические свойства минералов	9
§ 4. Условия образования минералов	12
§ 5. Описание минералов	14
Г л а в а 2. Горные породы	27
§ 1. Магматические горные породы	27
§ 2. Осадочные горные породы	36
§ 3. Метаморфические горные породы	47
Раздел II. Геохронология	50
Г л а в а 3. Методы определения возраста горных пород	50
Г л а в а 4. Сводная стратиграфическая (геохронологическая) шкала земной коры	54
Раздел III. Геологические карты и разрезы	57
Г л а в а 5. Чтение геологических карт	58
Г л а в а 6. Построение геологических разрезов	62
Раздел IV. Основы палеонтологии беспозвоночных	65
Г л а в а 7. Общие вопросы	65
§ 1. Предмет и задачи палеонтологии. Значение палеонтологии для биологических и геологических наук	65
§ 2. Организм и среда. Распределение организмов в морях и на суше	67
§ 3. Сохранение организмов в ископаемом состоянии	71
§ 4. Классификация органического мира. Некоторые правила произношения латинских названий	72
Г л а в а 8. Систематическая часть	75
§ 1. Тип Простейшие (Protozoa)	75
§ 2. Тип Губки (Spongia)	77
§ 3. Тип Археоциаты (Archaeocyathi)	78
§ 4. Тип Кишечнополостные (Coelenterata)	78
§ 5. Тип Моллюски (Mollusca)	81
§ 6. Тип Членистоногие (Arthropoda)	88
§ 7. Тип Мшанки (Bryozoa)	89
§ 8. Тип Брахиоподы (Brachiopoda)	90
§ 9. Тип Иглокожие (Echinodermata)	92
§ 10. Тип Полухордовые (Hemichordata)	94

Раздел V. Руководящие ископаемые	96
Г л а в а 9. Архейская эра	96
Г л а в а 10. Протерозойская эра	96
Г л а в а 11. Палеозойская эра	98
§ 1. Кембрийский период	99
§ 2. Ордовикский период	101
§ 3. Силурийский период	104
§ 4. Девонский период	106
§ 5. Каменноугольный период	109
§ 6. Пермский период	115
Г л а в а 12. Мезозойская эра	117
§ 1. Триасовый период	117
§ 2. Юрский период	119
§ 3. Меловой период	122
Г л а в а 13. Кайнозойская эра	126
§ 1. Палеогеновый период	126
§ 2. Неогеновый период	128
§ 3. Антропогеновый, или четвертичный, период	130
Раздел VI. Элементы геоморфологии с дешифрированием аэрофотоснимков	132
Г л а в а 14. Общие сведения по геоморфологии	132
§ 1. Предмет и задачи геоморфологии. Значение геоморфологии для почвоведения	132
§ 2. Применение аэрофотоснимков для изучения рельефа	133
Г л а в а 15. Рельефообразующая роль климатического фактора	134
§ 1. Горизонтальная (широтная) климатическая зональность	134
§ 2. Вертикальная климатическая зональность	144
Г л а в а 16. Генетические типы равнин и формы рельефа	151
§ 1. Молодые ледниковые равнины (последнего материкового оледенения) с зарождающимися эрозионными формами	151
§ 2. Древние ледниковые равнины с наложенными эрозионно-аккумулятивными формами	153
§ 3. Флювиальные равнины перигляциальных областей (зандровые, озерно-ледниковые и др.)	157
§ 4. Морские аккумулятивные равнины	160
§ 5. Аллювиально-дельтовые равнины	163
§ 6. Пролювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины	165
Г л а в а 17. Рельеф речных долин и сопряженных склонов рек	168
§ 1. Основные элементы строения речных долин равнинных рек	168
§ 2. Особенности рельефа склонов долин равнинных рек	179
§ 3. Строение долин горных рек	180
§ 4. Основные особенности рельефа склонов горных рек	181
Приложение	184

3234

40 коп.

15

