

С. С. КУЗНЕЦОВ

КАК ЧИТАЮТ
ИСТОРИЮ ЗЕМЛИ



С. С. КУЗНЕЦОВ

КАК ЧИТАЮТ ИСТОРИЮ ЗЕМЛИ



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД . 1973**

Кузнецов С. С. Как читают историю Земли. Л., «Недра», 1973. 88 с.

Огромные богатства сосредоточены в земной коре: руды меди, железа, золота, платины; пласты каменного угля; залежи нефти, природного горючего газа, минеральных солей, удобрений, драгоценных камней, глин, песков и гравия. Все это с давних пор используется человеком и называется полезными ископаемыми.

Поиски их и эффективная добыча из недр Земли невозможны без знания истории земной коры. Геологи научились читать ее по слагающим кору горным породам, называемым в просторечии камнями. Эти породы служат как бы буквами при чтении истории Земли, которая кратко изложена в данной книжке, предназначенной для преподавателей, учеников средней школы, краеведов и всех любителей природы.

Таблиц 3, иллюстраций 31.

К $\frac{0383-320}{043(01)-73}$ 189-73

СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ КУЗНЕЦОВ
КАК ЧИТАЮТ ИСТОРИЮ ЗЕМЛИ

Редактор издательства Б. П. Пустынцев.
Обложка художника Ю. И. Прошлецова.
Техн. редактор Н. П. Старостина. Корректор М. И. Витис.

Сдано в набор 13/XI 1972 г. Подписано к печати 29/III 1973 г. М-07206
Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Печ. л. 2³/₄. Усл. л. 4,62. Уч.-изд. л. 4,50.
Тираж 60 000 экз. Бумага № 2. Заказ № 3720/246. Цена 15 коп.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение. 193171, Ленинград, С-171,
ул. Фарфоровская, 12.
Типография № 2 Ленуприздата. 192104, Ленинград, Литейный пр., 55.

«Горный работник, не имея достаточных сведений по исторической геологии, не может знать месторождения полезных ископаемых, да и при самом добывании или обработке они ему нужны».

А. Вернер (XIX в.)

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

В наше время люди владеют множеством наук, которые открывают им глубокие тайны окружающего мира, особенности самого человека и человеческого общества. Одни науки объясняют чудеса необъятной вселенной с ее мерцающими звездами, с покойным ровным светом планет, с поражающей нас звездной россыпью Млечного Пути. Другие изучают строение человеческого тела и заставляют задумываться о сложной работе наших органов, о таинственности процессов зарождения новых существ, о том, что определяет наследование ими различных черт родителей. Третьи помогают воссоздать историю развития человеческого общества, объясняют смену одного общественного строя другим и вскрывают закономерности этого эволюционного процесса.

Среди множества наук выделяется учение о Земле — геология. Предметом ее исследования является преимущественно тонкая, не больше ста километров в поперечнике оболочка нашей планеты, которая называется земной корой. Геология состоит из многих дисциплин, исследующих различные аспекты строения земной коры и протекающие в ней процессы. Среди этих дисциплин важное место занимает историческая геология, изучающая отдаленнейшие тысячелетия и миллионлетия, в течение которых создавалась и развивалась земная кора и Земля в целом.

Раскрывая тайны прошедших времен, историческая геология позволяет предвидеть в отдаленном будущем события, которые определяют дальнейшее развитие Земли. Изучая слои земной коры, их физические и химические

особенности, историю их последовательного накопления, эта наука смогла показать изменение климата планеты, многократное перекраивание очертаний океанов и материков, ход вулканических процессов и землетрясений, а также удивительнейшую эволюцию растений и других живых существ. Появившись как простейшие, они развивались и в микроскопически мелкие организмы и в гигантов весом в сотни тонн при колоссальных размерах. Многих из этих удивительных организмов, остатки которых захоронены в слоях земной коры, постигла массовая гибель. Их сменяли новые существа, более сложные и развитые.

Историческая геология показывает нам, что полезные ископаемые — руды, каменный уголь, нефть, горючий газ, различные соли, минеральные удобрения, каменные строительные материалы — появились в результате сложных геологических процессов, происходивших при образовании пластов земной коры. Задачей исторической геологии является восстановление истории развития земной коры и в какой-то мере всего земного шара, а также его растительного и животного мира. Одна из увлекательнейших сторон нашей науки состоит в воссоздании физико-географических, физико-химических и биологических процессов прошлых времен на основе изучения пластов земной коры, анализа их особенностей и вывода закономерностей, которые обуславливали ее развитие. Ничто так не разрушает ошибочных представлений о происхождении Земли и человека как историческая геология.

Научиться читать историю нашей планеты не так-то легко, зато перед овладевшим хоть началами этой науки раскроются удивительные картины.

ДОКУМЕНТЫ ИСТОРИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Чтение прошлого человечества, т. е. восстановление истории людей, народов, государств, возможно лишь при наличии документов. При изучении истории древнейшего человека такими документами являются орудия труда, остатки построек, рисунки на стенах пещер и другие следы человеческой деятельности, захороненные в верх-

них слоях земной коры. В более поздней истории к ним прибавляются сохранившиеся былины, сказки, песни, а еще позже — письмена, летописи и затем уже — книги.

Документами для чтения истории земной коры служат прежде всего камни, слагающие слои земной коры. Камни, или, как говорят геологи, горные породы, бывают осадочного и магматического происхождения. К первым относятся гальки, валуны, песок, глина, лёсс, мергель, известняк, соли и каменный уголь, ко вторым — гранит, базальт, габбро, порфирит и многие другие.

Осадочные породы возникают на дне различных водоемов: рек, озер, морей, океанов. Среди слоев земной коры особенно широко распространены морские пески, глины и известняки. Они залегают пластами или слоями и нередко содержат отпечатки листьев, окаменевшие или обуглившиеся стволы деревьев, раковины моллюсков, обломки кораллов и губок, кости морских и наземных животных. Иногда на поверхности песчаного или глинистого слоя видны следы, оставленные ползавшими придонными червями или колыхавшимися водорослями. Нередко поверхность песчано-глинистых пластов покрыта рябью, какую теперь можно видеть на дне мелководных участков или на низком берегу, заливаемом водой. Все это говорит о том, что здесь когда-то, несомненно, был водоем, о величине которого можно судить по площади, занимаемой осадками.

Осадочные породы, как правило, отлагаются четкими слоями. Они бывают рыхлыми, мягкими или в разной степени уплотненными.

Совершенно другие свойства у магматических пород, таких, как гранит, базальт и т. д. Это породы крепкие, зернистые, массивные. Зерна представляют собой кристаллы минералов, например (в граните) кварца, полевого шпата, слюды и других, поэтому магматические породы называют кристаллическими. В некоторых разновидностях пород кристаллы так мелки, что их можно различить лишь через увеличительное стекло. Эта группа горных пород возникла из горячего расплавленного вещества, которое поднималось из недр земной коры или даже из подкоровых глубин Земли, поэтому данные породы называют еще изверженными. Они обычно залегают вертикальными или круто наклонными жилами, которые прорывают слои осадочных пород. Иногда кри-

сталлические породы располагаются пластами между слоями осадочных или образуют крупные массивы.

Изверженные породы обычно размещаются отдельными участками, нередко лежащими далеко друг от друга. Понятно, что здесь поднималась горячая магма, внедрялась в толщу осадочных пород, иногда прорывала их и изливалась на поверхность.

В современную геологическую эпоху вулканы рассеяны по всем материкам и океаническим островам. Несомненно, так чаще всего было и в далеком прошлом. Замечательно, что мы теперь находим магматические породы преимущественно в горных странах. Следовательно, в нашу эпоху и в будущем появление этой группы пород надо ожидать там, где начнут возникать горы.

Таким образом, распространение в земной коре осадочных пород дает нам прочные основания оконтуривать на географической карте бывшие озера и моря. Наличие магматических пород позволяет отмечать на той же карте древние вулканы и места подземных излияний.

ЛЕТОСЧИСЛЕНИЕ ЗЕМЛИ, ИЛИ ГЕОХРОНОЛОГИЯ

Основной задачей исторической геологии было создание летописи, или хронологии геологического прошлого Земли. Эта задача возникла перед геологами с первых же шагов их работы. Совершенно отчетливо выявилась необходимость установить, что происходило раньше и что позже, какой слой земной коры древнее и какой моложе. Таким образом, наша наука устанавливает ход и последовательность геологических событий прошлого.

Однако для летосчисления важно не только относительное знание времени событий, но и абсолютное, дающее возможность определять время того или иного события в годах. Пока же историческая геология оперирует преимущественно относительными временными категориями.

Уже давно геологам удалось выделить четыре эры в развитии земной коры: кайнозойскую — новую, мезозойскую — среднюю, палеозойскую — древ-

* Хронос (греч.) — время.

нюю и архейско-протерозойскую — древнейшую, безжизненную.

Сто лет назад были сделаны первые попытки определить абсолютную длительность каждой эры путем наблюдений за скоростью накопления осадочных пород на американском побережье. Геолог Дана подсчитал, что кайнозойские слои могли отложиться в течение трех миллионов лет. Двадцать лет спустя (в 1893 г.) Уолкот, подтвердив эти данные, определил, что все три эры — кайнозойская, мезозойская и палеозойская — продолжались минимум 25—30 и максимум 60—70 млн. лет.

Считается, что в среднем толщина (мощность) накопленных осадочных пород кайнозоя составляет 1600 м, мезозоя — 3500 м, палеозоя — 25 000 м, а архейских образований — предположительно 30 000 м. Вся мощность осадочных пород земной коры определялась огромной величиной — 60 000 м. Это количество осадков могло накопиться не менее чем за 100—150 млн. лет.

Наш ученый А. П. Павлов, изучив смену млекопитающих животных в течение кайнозойской эры, пришел к заключению, что она продолжалась 41 млн. лет. На основании изучения остатков беспозвоночных животных в слоях земной коры мезозойской эры А. П. Павлов определил ее длительность в 400 млн. лет, а палеозойской эры — в 700 млн. лет, т. е. длительность трех эр оказалась более одного миллиарда лет.

Шведский ученый де Геер предложил гораздо более точную методику установления геохронологии, применив ее на небольшой площади и для небольшого отрезка кайнозоя — периода отступления ледника из южной и центральной Швеции. В конце ледниковой эпохи в названных районах таяние льда привело к образованию серии озерных бассейнов. На их дно оседал илистый материал, создавший толщи ленточных глин темного цвета, однородных по составу. Глины располагаются тонкими слоями, причем каждый слой или, как говорят, лента резко отделяется от другого более зернистым и светлым прослоем песчанистой породы. Такая смена слоев может повторяться сотни раз. Было доказано, что светлые песчанистые прослои возникали при усиленном таянии льда в летнее время, темные — зимой. Следовательно, темный и светлый слои откладывались в течение одного года.

Подсчитав число лент в разных обрывах, где обнажаются ленточные глины, де Геер вычислил, что от начала таяния последнего ледника прошло 12 000 лет.

Подобным же образом А. Д. Архангельский, поднимая со дна Черного моря колонки тонкослоистых осадков, воспользовался способом де Геера и установил, что пять тысяч лет назад в это опресненное море начали проникать воды из Средиземного моря.

Это уже способы создания не относительной, а абсолютной геохронологии.

Мы видели, что приведенные методы подсчета длительности эр очень условны и дают весьма разные величины. Однако уже по ним чувствуется грандиозность летописи земной коры, перед которой блекнут семь библейских дней творения.

С начала двадцатого столетия геологи пытаются использовать для построения абсолютной геохронологии образование гелия и свинца при распаде радиоактивных элементов. Еще в 1898 г. супругам Пьеру и Марии Кюри неимоверными усилиями удалось извлечь из урановой смоляной обманки вещество, в сильнейшей степени обладающее способностью к излучению, названное ими «радием»*.

Радий непрерывно излучает значительное количество энергии. Один грамм радия может за час нагреть 1,3 грамма воды от точки замерзания до точки кипения. Излучение может продолжаться месяцами без заметной убыли энергии.

Радий испускает альфа-, бета- и гамма-лучи. Альфа-лучи несут положительный заряд электрической энергии, и в них, по-видимому, сосредоточено наибольшее количество лучистой энергии при наименьшей способности проникания: в воздухе действие их простирается не далее семи сантиметров. Бета-лучи несут отрицательный заряд. Гамма-лучи по природе тождественны рентгеновским.

Было доказано, что из радия выделяется газ, так называемая эманация радия. Этот газ также радиоактивен, но способность его к дальнейшему излучению сильно понижается в течение нескольких дней. Эманация радия скоро истощается, и получается твердое тело — радий А, также неустойчивый. Изменяясь, он дает начало после-

* Радий (лат.) — луч.

довательному ряду новых веществ, который замыкается радием D. Схематически вся последовательность превращений радия представлена на рис. 1.

В 1902 г. ученые Резерфорд и Содди предложили теорию распада радиоактивных элементов, по которой атом этих элементов свойствен взрывоподобный распад, сопровождающийся радиоактивным излучением. Причем атомный вес продуктов распада ниже, чем у исходных атомов. Для радия (Ra) атомный вес равен 226, т. е. атом радия в 226 раз тяжелее легчайшего из атомов —

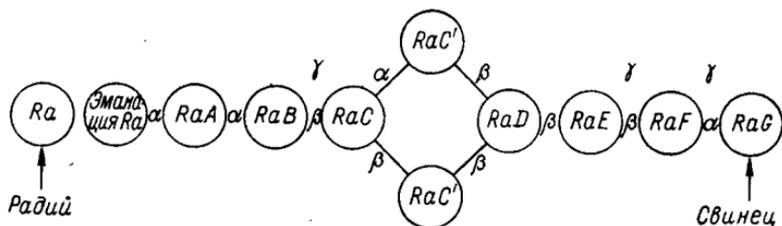


Рис. 1. Схема превращения радия в свинец.
α — альфа-лучи; β — бета-лучи; γ — гамма-лучи.

атома водорода. Эманация радия имеет атомный вес 222, радий А — 218, радий В и С — 214, радий D — 210. Как видим, при каждом распаде атом теряет часть своей массы. Оказывается, что каждое излучение частиц радиоактивного элемента всегда влечет за собой уменьшение атомного веса на четыре единицы. Выяснилось, что альфа-лучи — не что иное, как поток положительно заряженных атомов гелия, атомный вес которого равен четырем. Следовательно, при каждом распаде, как при взрыве, выбрасываются атомы гелия — газообразного вещества. Оно еще раньше было открыто на Солнце, от чего и получило свое название*.

Радий, переходя по мере отщепления атомов гелия из одного состояния в другое, толчками меняет свою природу вплоть до превращения в конечный продукт — аналог свинца.

Каждый элемент, получающийся при распаде, обладает собственной скоростью дальнейшего распада. Например, от эманации радия через 3,85 дня остается половина. Сам же радий даже через 1600 лет распадается

* Гелиос (греч.) — Солнце.

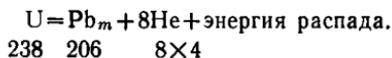
лишь наполовину. Еще более долговечен уран (атомный вес 238), от распада которого, как установлено, произошел и сам радий. Время, в течение которого число атомов урана при распаде уменьшается наполовину (период полураспада), равно пяти миллиардам лет!

После трехкратного альфа-излучения, т. е. трехкратной потери атомов гелия ($4 \times 3 = 12$), распад урана приводит к образованию радия ($238 - 12 = 226$). Построим таблицу получения основных производных ураново-радиевого распада (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1
Производные ураново-радиевого распада

Элемент	Атомный вес	Период полураспада
Уран I	238	5000 млн. лет
» X_1	234	24 дня
» X_2	230	100 000 лет
Радий	226	1600 лет
Радий-эманация	222	3,85 дня
Радий А	218	3 минуты
» В	214	26,8 минуты
» D	210	16 лет
Свинец	206	Устойчив

После восьмикратной потери атомов гелия уран (U) превращается в свинец с атомным весом 206. Обозначив урановый изотоп свинца через Pb_m , изобразим указанный процесс уравнением



Скорость образования свинца подсчитывают, исходя из соотношения между числами образующихся атомов $Pb_m + He$. Расчеты показали, что одна миллионная грамма урана дает всего 1/7400 грамма уранового свинца в год. Если химический анализ минерала показал наличие в нем в процентах урана U и образовавшегося из него свинца Pb_m , то в первом приближении

можно определить возраст A минерала в годах по формуле

$$A = \frac{Pb_m}{U} 7400 \text{ млн. лет.}$$

При распаде другого радиоактивного элемента — тория (Th) эта формула принимает вид

$$A = \frac{Pb_a}{Th} 19500 \text{ млн. лет,}$$

где Pb_a — ториевый изотоп свинца.

Одна миллионная грамма тория в год дает только 1/19500 грамма свинца с атомным весом 208. Но ториевые соединения свинца более растворимы, чем урановые, вследствие чего накопившееся в минерале количество ториевого свинца со временем уменьшается. Урановые минералы гораздо надежнее.

Существуют методы определения абсолютного возраста пород по распаду других радиоактивных элементов, например аргона (Ar).

Однако нельзя забывать, что мнения крупнейших ученых-физиков о постоянстве скорости распада урана резко расходятся. Так, Рэлей утверждает, что скорость распада урана в прошлом была той же, что и сейчас. Другой видный исследователь, Джоли, сомневается в таком постоянстве. Проблема до сих пор не решена. Геологи учитывают возможность применения абсолютной геохронологии, но в своей повседневной научной и практической работе руководствуются относительной летописью земной коры. Важно определить, какое место в стратиграфической шкале может занять тот или другой комплекс горных пород, что надо ожидать под ним и над ним.

Возраст Земли в целом от начала ее образования считают равным примерно шести миллиардам лет, а земной коры — трем-четырем миллиардам. Подсчитано, что кайнозойская эра длилась 64—70, мезозойская — 165—170, палеозойская — 310—385 и архейско-протерозойская — 2900 млн. лет.

М. В. Ломоносов, поражаясь необъятности окружающего мира, вдохновенно писал:

«Сочесь пески, лучи планет
Хотя и мог бы ум высокий:
Пескам и звездам — счету нет».

Астрономы теперь научились считать звезды, геологи — пески. Однако абсолютная геохронология еще далека от совершенства, и геологам приходится пользоваться относительным летоисчислением, при котором отдельные отрезки истории земной коры выражаются понятиями: время, век, эпоха, период, эра.

СПОСОБЫ ЧТЕНИЯ ИСТОРИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПРОШЛОГО

Существует четыре давно разработанных основных способа или метода прочтения истории земной коры и геологических событий прошлого: стратиграфический, петрографический, палеонтологический и тектонический. Прежде всего определяется относительный возраст пластов, а затем уже воссоздается внешний вид растений и животных того времени, устанавливается положение морей и материков, характеризуется климат, вулканизм — в общем весь комплекс физико-химических условий.

Стратиграфический метод (стратиграфия* — описание слоев) заключается в установлении последовательности накопления слоев или пластов. Еще на заре геологической науки было сформулировано правило: при ненарушенном первоначальном напластовании из двух пластов осадочных пород верхний (кроющий) моложе нижнего (подстилающего). Если же произошло смещение пластов вследствие оползня или складчатости, то для установления их возраста необходимо прибегать к другим методам исследования — при нарушенном залегании пластов одного стратиграфического метода недостаточно, особенно если их разрезы (обнажения) находятся далеко друг от друга.

Итак, стратиграфический метод хорош при ненарушенном залегании пластов и на небольшой площади.

Петрографический** (литологический***) метод заключается в изучении вещественного состава пла-

* Стратус (лат.) — слой; графо (лат.) — пишу.

** Петра (греч.) — скала.

*** Литос (греч.) — камень.

стов. Геолог, изучая обнажения пластов, не только определяет положение каждого (первый, второй, третий и т. д.), но и устанавливает, из каких пород сложен каждый пласт: песок, глина, песчаник, известняк, доломит и т. д. Этот метод играл очень большую роль при становлении геологической науки. Небольшие геологически освоенные территории, главным образом в Западной Европе, имели свои особенности, на основании которых геологи сделали тогда ряд обобщений. Считалось, что некоторые горные породы могут залегать только среди пластов, возникших в определенное геологическое время. Например, думали, что каменный уголь можно встретить только в породах палеозойского возраста (именно каменноугольной системы), что было типично для Англии, Бельгии, СССР (Донбасс) и других стран. Теперь же пласты каменного угля найдены и среди мезозойских отложений в ГДР, ФРГ, Франции, Китае, Северных Альпах, Индии, Австралии, Испании, СССР.

Другой пример. Во многих местах Западной Европы распространены оолитовые* известняки. Они сложены шариками миллиметрового диаметра, состоящими из углекислого кальция, чаще всего биохимического происхождения. Такой тип известняков, например в ГДР, ФРГ, Франции и других странах, всегда связан с серией пластов определенного возраста. Их когда-то так и называли: «оолитовая серия». В 1795 г. известный немецкий географ Гумбольд назвал их «известняками юры», а французский геолог Броньяр в 1829 г. — «юрской формацией». Теперь это — юрская система, средняя толща мезозойской группы. По наличию оолитовых известняков геологи судили о положении и возрасте пластов. Однако в дальнейшем выяснилось, что эти известняки присутствуют в самых различных по возрасту горных породах. Так, серия кайнозойских отложений в южнорусских степях содержит пласты оолитовых известняков.

Постепенно, по мере развития геологической науки, каменный уголь и оолитовые известняки потеряли свое значение при определении возраста пластов, как и многие другие породы, например белый пишущий мел, серые сланцы.

* Оол (греч.) — яйцо.

Все же на ограниченных территориях породы могли быть одинаковыми в определенный отрезок времени и также одинаково сменяться в дальнейшем. Было, скажем, неглубокое море, на дне которого откладывались морские пески; затем оно стало глубже, начали откладываться слои песчанистых глин, а потом чистых глин. Потом море из этого места ушло, возникла суша и стали накапливаться наземные осадки: супеси, суглинки, рыхлые пески.

Если обнажения земной коры с одинаковой сменой пластов снизу вверх расположены на расстоянии нескольких километров друг от друга, то можно с достаточной уверенностью говорить об одновременном отложении этих пластов, т. е. об их одновозрастности (при условии, что первичное залегание пластов не нарушено).

Петрографический метод при работе в осадочных породах дает возможность понять ту физико-географическую обстановку, в которой возникали пласты той или другой породы. Например, грубозернистые пески могут отлагаться вблизи берегов на мелководье, более тонкозернистые пески осаждаются дальше от берегов, где глубина больше; наконец, далеко от берега на значительных глубинах оседают глины. Красный и вообще яркий цвет песков и глин нередко свидетельствует о сносе их с материка, лежавшего в засушливом, даже жарком климате. Светлоокрашенные пласты тех же пород говорят о влажном климате, в котором пески интенсивно промывались от железистых солей, обуславливающих яркую окраску.

Легкорастворимые хлористые (NaCl , KCl) или сернокислые ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) соли, присутствующие в пластах, могут осаждаться в условиях повышенной солености, возникающей в замкнутых внутренних морских водоемах на материке, где жаркий климат вызывает сильное испарение морской воды. О подобных же условиях говорит наличие доломитов двойной кальциево-магниевоуголекислой соли (CaMgCO_3).

Итак, стратиграфический и петрографический (литологический) методы дают возможность устанавливать возраст одного пласта относительно другого при работе на небольших площадях и при не нарушенном ни оползнями, ни складчатостью первичном залегании пород.

Палеонтологический метод заключается в определении относительного возраста пластов по содержащимся в них окаменелым остаткам растений и животных. Эти окаменелости являются как бы буквами, научившись разбирать и понимать которые геологи читают историю больших толщ земной коры. Миллиарды умерших существ и растений погребаются в пластах, причем большая часть их разлагается и бесследно исчезает. Лишь очень немногие остатки пропитываются циркулирующими в пластах минеральными растворами и превращаются в окаменелости. Но для этого обязательны особые условия захоронения.

Если к захороненным в пластах растениям или животным свободно поступает воздух, то под воздействием кислорода происходит гниение мягких частей; твердые части после разрушения их органического вещества превращаются в порошок, иногда растворяются. Но без доступа воздуха разложение погребенных организмов идет медленно, и минеральные растворы частица за частицей успевают заместить разлагающееся вещество. Кости животных, раковины, стволы деревьев под влиянием такого пропитывания превращаются в окаменелости. Опыты показали, что тонкий срез ветви сосны, погруженный в раствор железного купороса, через несколько дней настолько пропитывался им, что после сжигания оставался отливок, сохраняющий следы тончайших сосудов.

Отметим, что мягкие части организмов окаменевают в совершенно исключительных случаях (в Индии были найдены, например, полностью окремневшие молодые пальмовые листья).

При заполнении минеральным раствором погребенной раковины образуется ядро, передающее строение ее внутренней поверхности. Слепок, передающий строение наружной поверхности, получается при растворении раковины и заполнении минеральным раствором соответствующей пустоты.

Окаменяющими веществами чаще всего бывают растворы углекислого кальция (CaCO_3), окиси кремния (SiO_2), серного колчедана (FeS_2).

Быстрота окаменения разных веществ различна. А. А. Иностранцев указывает, что березовые подпорки в железном руднике у Вытегры пропитались водной окисью железа в течение 10 лет. Этот же ученый пока-

зал, что кости человека и животных из пластов на южном берегу Ладожского озера содержат всего 22—28% окиси железа, несмотря на то, что они относятся к каменному веку и пролежали в земле десятки тысяч лет.

Как правило, хорошо сохранившиеся окаменелости встречаются в недавно образовавшихся пластах. Но иногда и в очень древних пластах окаменелости настолько хорошо сохраняются, что можно легко восстановить строение давно существовавших организмов.

Известны также случаи сохранения трупов почти без разложения, например в торфе. Удивительно хорошо сохранились трупы мамонтов и носорогов в многолетне-мерзлых слоях Сибири. В 1794 г. на берегу Лены был найден неплохо сохранившийся мамонт, но исследователям достались лишь скелет, часть кожи, килограммы волос, глаз и внутренности: пока они добирались до места, оттаявшего мамонта основательно повредили медведи и волки. На реке Березовке в Колымском крае в 1952 г. в мерзлой глине обнаружили полностью сохранившийся труп мамонта, между зубами и в желудке которого оказались следы пищи: остатки осоки и других трав. Очевидно, мамонт погиб, завязнув в болоте, потом его занесло снегом и землей. Мясо стало темно-бурым, сохранив, однако, упругость, жир — рыхлым; сохранился даже подшерсток на коже, мозг частично сгнил, частично сохся.

Но такие случаи чрезвычайно редки. Чаще же геолог работает с плохо сохранившимися остатками. Обычно сохраняются скелеты и отдельные кости, раковины, чешуйки, плавники, стволы, редко плоды и цветы; листья, как правило, представлены отпечатками.

Если сравнивать степени сохранности окаменелостей различных групп животных, то окажется, что лучше сохраняются остатки беспозвоночных. Простейшие — фораминиферы, радиолярии — оставили хорошие окаменелости и в самых древних, и в самых молодых слоях.

Из губок сохраняются только скелетные. Хорошо сохраняются также некоторые кораллы. От червей изредка остаются челюсти и трубочки кольчатых (аннелид). Часто в хорошем состоянии находят скелеты мшанок и брахиопод, а также иглокожих, например ежей.

Важнейшее значение для геолога имеют окаменелости моллюсков (головоногих, брюхоногих, двустворчатых), раковины которых часто прекрасно сохраняются.

Хуже обстоит дело с позвоночными животными, особенно с наземными жителями. Правда, очень хорошо сохраняются зубы позвоночных, прочная эмаль которых — надежная защита от разрушения. Очень плохо сохраняются птицы.

Несомненно, однако, что остатки многих животных не дошли до нас. Отсюда — невосполнимые пробелы при попытках восстановить органический мир прошлого. Существуют огромные толщи слоистых пород без окаменелостей, «немые», как говорят геологи. Особенно бедны ископаемыми континентальные наземные отложения. Морские осадки обычно богаты окаменелостями, так как опустившаяся на дно моря или озера раковина или кость быстро покрывается песком или глиной, которые вместе с толщей воды предохраняют ее от разрушающего действия кислорода воздуха.

В наши руки попадают лишь жалкие остатки предельно разнообразного органического мира прошлого. Перед историком-геологом всегда стоят исключительные препятствия на пути к прочтению истории Земли. Но нет работы увлекательней, чем эта! Она требует упорного труда, но воспитывает терпение, вдумчивость, острую наблюдательность, умение анализировать и обобщать изучаемое, помогает сформировать действительно материалистическое мировоззрение. Перед геологом-историком разворачивается необъятное поле деятельности, открываются возможности смелых обобщений, выявляющих поразительные события в бездне прошедших веков.

Изучая окаменелости, т. е. работая палеонтологическим методом, геологи пришли к неоспоримому выводу: пласт, содержащий остатки наземных растений или животных, образовался на суше; пласт с остатками пресноводных растений и животных отложился на дне озера или реки; пласт с остатками морских обитателей накопился на морском дне. Конечно, все это справедливо при сохранении первичного залегания данных пластов.

Изучая последовательно пласты с окаменелостями на больших площадях, ученые установили, что многие из них простираются на сотни, а нередко и тысячи километров. Например, раковины головоногого моллюска *Belem-*

nitella mucronata, брахиоподы *Terebratula carnea*, морского ежа *Echinocorys vulgaris*, устрицы *Gryphaea vesicularis* содержатся в слоях на широких пространствах европейской части России и Ливийской пустыни в Северной Африке, Мексике и Австралии. Такие окаменелости позволяют сопоставлять пласты, удаленные друг от друга на тысячи километров и устанавливать их одновозрастность.

Вместе с тем многочисленные исследования доказали, что окаменелости растений и животных в пластах быстро сменяются в вертикальном направлении, снизу вверх. Вследствие этого явилась возможность любую группу пластов охарактеризовать своими окаменелостями, отличными от содержащихся в покрывающих и подстилающих пластах. Иначе говоря, пласты с однородными окаменелостями геологически одновременны.

Кроме того, удалось установить следующее важнейшее обстоятельство: окаменелости в подстилающих пластах представляют собой остатки растений и животных более просто устроенных, чем в покрывающих пластах, где остатки органического мира принадлежат к более высоко и сложно развитым формам. Это явилось одним из сильнейших доказательств теории Дарвина об эволюционном развитии органического мира и легло в основу построения надежной шкалы летосчисления земной коры, охватывающей не отдельные территории, а весь земной шар.

Теперь геологи располагают тремя шкалами: относительной, геологической и абсолютной. Первая устанавливает, что данный пласт моложе или старше другого и действительна для небольших площадей; вторая тоже говорит об относительном возрасте, но лежащие в ее основе палеонтологические данные дают возможность распространять выводы о возрасте пластов на огромные территории; третья шкала выражает геохронологию пластов в абсолютных единицах (годах), исходя из явлений распада радиоактивных элементов.

Обычно различают единицы:

Стратиграфические (в разрезе земной коры)	Геохронологические (во времени)
Группа	Эра
Система	Период

Отдел	Эпоха
Ярус	Век
Горизонт	Время

Приведем современную геохронологическую шкалу, ограничившись выделением эр (групп) и периодов (систем) и указанием их абсолютной продолжительности (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2
Геохронологическая шкала

Эра (группа)	Период (система)	Обозначение	Продолжительность, млн. лет
Кайнозойская (66—70 млн. лет)	Четвертичный Неогеновый Палеогеновый	Q	1,7
		N	24,0
		Pg	41,0
Мезозойская (165—170 млн. лет)	Меловой Юрский Триасовый	Cr	70,0
		J	55,0
		T	40—45,0
Палеозойская (325—375 млн. лет)	Пермский Каменноугольный Девонский Силурийский Ордовикский Кембрийский	P	40,0
		C	55—75,0
		D	50—70,0
		S	30—35,0
		O	60—70,0
		St	90,0
Докембрийская	Протерозойский Архейский	Pt	2000,0
		A	900,0

Стратиграфический, петрографический (литологический) и палеонтологический методы, как было сказано, являются основными способами установления возраста осадочных горных пород и определения географической обстановки на нашей планете в те или другие эры, периоды, эпохи и века. Тектонический* метод — важ-

* Тектоникос (греч.) — созидательный.

нейший из тех, которые позволяют познавать ход во времени таких грандиозных событий, как горообразование, большие изменения форм поверхности Земли, движения глубоких расплавленных масс — магмы.

Тектоника — учение о геологическом строении земной коры, геологических сооружений, о закономерностях их развития и расположения на Земле, о характере залегания пластов. Понятие «тектоника» было предложено в 1850 г. немецким геологом Науманом.

Пласты земной коры, как уже раньше говорилось, залегают ненарушенно (первично) и нарушенно (вторично). Ненарушенное залегание слоев — горизонтальное, т. е. такое, в каком они первично отлагались на дно морских и пресных водоемов. Горизонтально лежащие слои могут занимать обширнейшие площади материков во многие сотни и тысячи квадратных километров.

Нарушенное залегание создается процессами горообразования и бывает складчатым и сбросовым.

Наблюдая, что нижняя пачка слоев сложена в ряд складок, а на размытой их поверхности верхняя лежит горизонтально, геолог-тектонист объясняет это складчатостью, испытанной нижней пачкой. Если верхний слой нижней складчатой толщи, допустим, относится к пермской системе, а нижний слой верхней горизонтально лежащей толщи имеет юрский возраст, то это значит, что складчатость возникла после образования пачки пермских пластов и до накопления юрских. Руководствуясь тектоническим методом, геологи установили, что складчатость представляет собой один из важнейших процессов горообразования.

Начальные этапы образования земной коры, т. е. перехода нашей планеты от астрономической стадии к геологической, отстоят от современности на три-четыре миллиарда лет. Сама же Земля существует не менее шести миллиардов лет.

Астрономическая, или звездная, стадия сменилась планетарной, начало которой относят к догеологической эре, когда земная кора только начинала создаваться, так что о тогдашних горных породах мы пока ничего не знаем. Геологическая история Земли начинается лишь со времени формирования горных пород, доступных нашему изучению.

ДРЕВНЕЙШАЯ ЭРА ИСТОРИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ — АРХЕЙ И ПРОТЕРОЗОЙ

О самых ранних этапах архейской эры мы также судим лишь предположительно. Однако многие из этих предположений основаны на точных фактах и строгих логических размышлениях. Лежащими в основании всей земной коры горными породами, доступными изучению, являются валунники, галечники, конгломераты и грубозернистые пески. Такие горные породы, слагающие древнейшие слои, могут возникать только от размыва и разрушения возвышенностей, у подошвы которых лежат водоемы. В них и отлагались перечисленные продукты разрушения. Отсюда можно заключить, что тогда на Земле были острова и моря, в которых накапливались слои осадочных пород из обломков островной суши. Валунники, галечники, грубые пески под действием сдавливания превратились в крепкие кристаллические породы. Более подробными исследованиями обнаружено в толщах осадочных слоев много изверженных кристаллических пород. Одни из них лежат параллельно осадочным слоям, другие прорывают эти слои вертикальными и наклонными жилами или внедряются огромными массивами.

Нанести на современную карту местоположение этих первичных морей и гор нашей планеты мы пока не можем, так как древнейшие поднятия были давно стерты неустанной работой воды и ветра. Во многих местах срезаемые водой и ветром поднятия не раз опускались глубоко в земную кору вместе с ее прогибами. Их затопляла морская вода, и они нередко покрывались мощными осадками глины и песков. На больших глубинах земных недр высокие температуры и давление вместе с поднимающимися горячими веществами с еще больших глубин превращали пласты, слагавшие остатки первичной земной коры, в переплавленные и вновь затвердевшие кристаллические породы. Если в них и были остатки древнейших организмов, то они полностью уничтожались. Время ничего не щадило.

Теперь установлено, что древнейшая эра истории земной коры, включающая архей и протерозой, длилась около трех миллиардов лет. Как следует из приведенной

геохронологической шкалы (см. табл. 2), длительность архейско-протерозойской или, говоря несколько упрощенно, докембрийской эры в пять раз превышает длительность всех остальных эр, равную 550—615 млн. лет.

Характернейшими событиями архейской эры были грандиозные по напряженности и широте распространения вулканические извержения, заливавшие лавой огром-



Рис. 2. Докембрийская история Канадского щита.

Волнистыми линиями показаны метаморфические породы; степень метаморфизма ослаблена снизу вверх. Термин «несогласие» означает, что верхние слои лежат на нижних не параллельно, а под углом.

ные пространства земной поверхности, а также глубокие поднятия горячей магмы. Магма врезалась секущими и пластовыми жилами и колоссальными массивами в толщу осадочных пород (рис. 2).

Недра выдавали земной коре неисчислимые массы магматического материала. Кора приходила в движение, в результате чего нарушалось первичное залегание горных пород морского происхождения; воздымалось дно морей, слагались древнейшие горные цепи и хребты.

Возможно, что в осадочных слоях и содержались остатки простейших организмов. Но высокая температура, перемещение громадных земных масс, создававшее гигантское давление в слоях, уничтожали любые остатки органической жизни. А эта жизнь, несомненно, существовала, о чем свидетельствуют встречающиеся всюду в архейских породах графит и чистый углерод — производные жизни организмов. Углерода в архейских слоях содержится больше, чем, например, в угольных пластах Аппалачского бассейна Северной Америки.

В вышележащих протерозойских слоях найдены иглы губок, следы медуз, грибов, водорослей, плеченогих морских животных, членистоногих и т. п. Эти остатки говорят о довольно развитом органическом мире. В тех же слоях были обнаружены споры наземных растений, что свидетельствует о начавшемся расселении жизни из моря на сушу.

Исключительное господство кристаллических пород в архейско-протерозойских толщах указывает на напряженную магматическую деятельность и горообразование, охватывавшее огромные пространства. Этим объясняется то чрезвычайно богатое содержание высокоценных руд, которое наблюдается в толщах ранней эры развития земной коры: жильное золото в бассейнах рек Лены и Амура, руды марганца, железа, меди, молибдена, вольфрама и висмута в Сибири, оловянные, медные, железные и цинковые руды в Финляндии. К тем же породам приурочены слюда, асбест, графит, нефрит, драгоценные камни и такие высокосортные строительные материалы, как гранит и мрамор.

Совершенно изумительны по мощности залежи железных руд, представленных железистыми кварцитами и в меньшей степени магнетито-гематитовыми рудами и магнетитовыми гнейсами. Такие залежи открыты в Европе, Азии, Австралии, обеих Америках, Африке, на островах Гренландия, Борнео, Ява, Цейлон, Суматра, Тайвань и т. д. Найдены древнейшие железные руды на дне всех океанов. Докембрийские отложения дают 93—95% всех известных запасов железных руд Земли. В слоях более поздних периодов содержится всего 5—7% запасов железа.

Надо заметить, что в больших количествах железные руды тогда накапливались в определенных зонах нашей

планеты, охватывавших ее широкими поясами. Установлено три таких пояса: западный, восточный и широтный. Западный пояс прослеживается через Европу, Северный Ледовитый океан, Северную и Южную Америку, Атлантический океан и Африку. К этому поясу принадлежат Криворожско-Кременчугские залежи и грандиозное месторождение Курской магнитной аномалии (КМА).

В 1922 г. В. И. Ленин писал: «Обращаю внимание на исключительную важность работ по обследованию Кур-

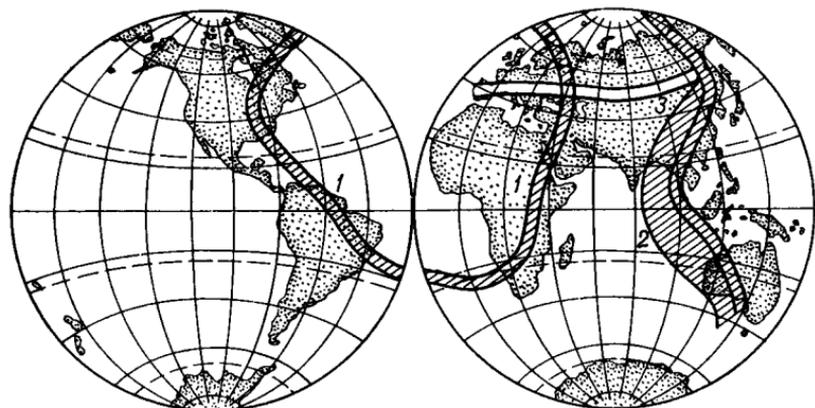


Рис. 3. Схема расположения железорудных поясов на земном шаре (по М. И. Калганову).
1 — западный пояс; 2 — восточный пояс; 3 — широтный пояс.

ской магнитной аномалии... Мы имеем здесь почти невероятное невиданное в мире богатство, которое способно перевернуть все дело металлургии»*.

Восточный пояс идет по дну Северного Ледовитого океана, переходит в Колымский край, хребты Сихотэ-Алиня, Малого Хингана, Китай, Корею, Бирму, Индию, Австралию, на дно Индийского и Тихого океанов.

Широтный пояс проходит по азиатской части СССР — по Становому хребту, Восточным и Западным Саянам, Южному Алтаю, Туве, Казахстану, Южному Уралу (рис. 3).

Вернемся к КМА. Это самая богатая подземная кладовая железа на нашей планете. Хранятся эти богатства в недрах горных хребтов, когда-то двумя почти парал-

* В. И. Ленин. Полн. собр. соч. Изд. 5, т. 54, с. 226—228.

лельными цепями тянувшихся на юге теперешней Русской равнины. Один из них пересекал Смоленскую, Калужскую, Брянскую, Орловскую, Курскую, Белгородскую, Харьковскую и Ростовскую области. Другой располагался к северо-востоку от первого на расстоянии от 20—25 до 75—80 км. Это были могучие хребты, поднимавшиеся до высот современного Кавказа. От них шли отроги на месте нынешних Сумской, Полтавской, Донецкой и Воронежской областей.

Теперь сильно разрушенные водой и ветром горы погребены в земной коре на глубине до пятисот и больше метров. Геологи, изучив слои земной коры в названных областях, прочитали их историю в древнейшую, древнюю, среднюю и новую эры.

Установлено, что к концу древнейшей (архейско-протерозойской) эры накопились большие толщи осадочных и магматических пород. Они подверглись мощному сжатию, создавшему складчатое строение, поднимавшему складки на высоту и образовавшему вышеописанные горные хребты. Чем выше они поднимались, тем сильнее их разрушали вода и ветер, воздействуя на горные породы не только механически, но и химически. Более чем за миллиард лет вода и ветер стерли могучие хребты. Остались более глубокие части, на поверхности которых возникла почти равнина. В результате последующего опускания 370 млн. лет назад, в среднедевонскую эпоху, эту равнину залило неглубокое море, на дно которого, т. е. на размытые пласты складок из древнейших пород, отложились пески и известняки.

Опускание продолжалось, и примерно через 25 млн. лет воды девонского моря сменились морскими водами раннекаменноугольной эпохи, которые оставили новые слои осадочных пород, покрывших пласты девона. Эта эпоха продолжалась около 35 миллионов лет.

Погружение земной коры в пределах центра Русской равнины сменилось ее поднятием. Море ушло, возникла суша, на поверхности которой лежали морские осадки каменноугольного периода с соответствующими окаменелостями. По истечении 110—115 млн. лет началось новое погружение равнины, которую покрывали последовательно моря юрского, мелового и палеогенового периодов, оставляя после себя пески, глины и известняки.

Примерно через 165 млн. лет новые сжатия освободили изучаемую нами область от морских вод, и появилась более или менее равнинная суша, очертания которой были уже близкими к современному облику.

Разрушенные архейско-протерозойские горные хребты оказались покрытыми разновозрастными осадочными породами морского происхождения: среднедевонскими, верхнедевонскими, нижнекаменноугольными, юрскими,

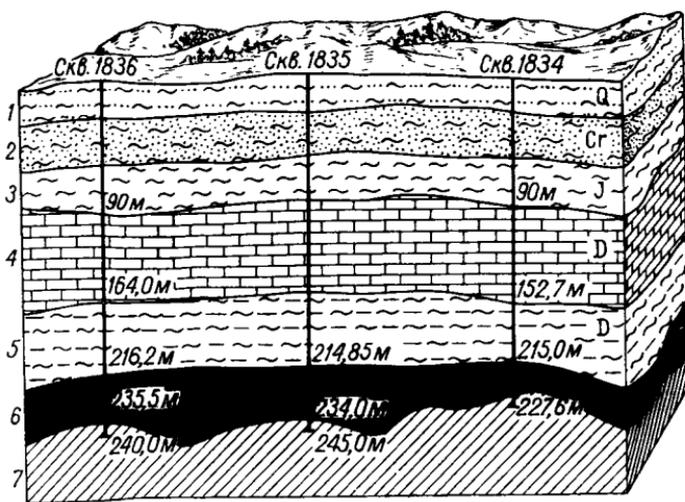


Рис. 4. Геологический разрез Ново-Ялтинского месторождения железных руд (по И. П. Калинину).

1 — суглинки четвертичные; 2 — пески и глины мелового возраста; 3 — глины юрские; 4 — известняки девона; 5 — глины девона; 6 — богатые железные руды; 7 — бедные железные руды.

меловыми и палеогеновыми мощностью от 30 до 650 м. Однако историки-геологи сумели рассмотреть погребенные горы сквозь толщу непроницаемых для глаза пород с помощью магнитных свойств железистых кварцитов, которые прослеживаются на сотни километров при мощности от 400 до 800 м (рис. 4). Но в ряде мест КМА железные руды лежат очень неглубоко. Например, геолог И. П. Калинин представил разрез Михайловского месторождения, где руда лежит всего на глубине от 27,5 до 100 м (рис. 5).

Еще более точной расшифровки геологического строения и истории развития железорудного бассейна КМА

удалось добиться с помощью многочисленных скважин, пробуренных глубоко в недрах древнейших рудоносных пород. В результате была построена геологическая карта распространения железистых кварцитов (рис. 6), которая совершенно необходима горным разведчикам КМА.

Изучение образцов железистых кварцитов (керна), поднятых с глубин, помогло разгадать события давно прошедших времен и высказать предположение об условиях накопления столь мощных толщ руды именно в те древнейшие времена. Историки-геологи выяснили, что

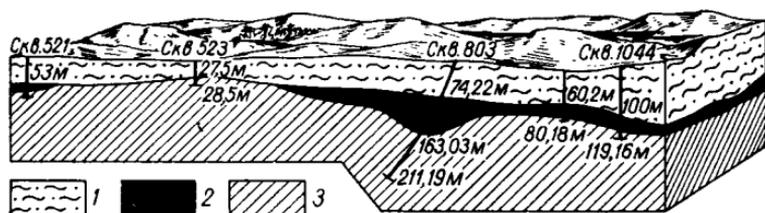


Рис. 5. Геологический разрез Михайловского месторождения железных руд (по И. П. Калининну).

1 — покрывающие породы; 2 — богатые железные руды; 3 — железистые кварциты (бедные железные руды).

много сотен тысяч лет назад, в конце докембрийской эры, на месте Русской равнины расстилалась каменистая пустынная суша. На поверхности ее обнажались преимущественно магматические породы, содержавшие повышенное количество железа. Горячее солнце, буйные ветры пустыни, редкие, но мощные дождевые ливни неустанно разрушали горные породы, раздробляя их в пески и глины и вынося более легко растворимые химические элементы. Породы обогащались устойчивым трехвалентным железом, и поверхность каменистой пустыни покрылась рыхлой железистой коркой с большим количеством кремния. Корка эта постепенно разрушалась, а получавшиеся рыхлые пески, железисто-кремнистые илы и глины сносились и оседали на дно существовавших кое-где водоемов, где и накопилась в конце концов толща пород мощностью в сотни метров. Погрузившись в глубины земной коры, породы подверглись уплотнению и кристаллизации, и железистые глины и илы стали железистыми кварцитами.

Керны железистых кварцитов характеризуются резко выраженной тонкой (от одного до пяти миллиметров) слоистостью из чередования темных железистых и свет-

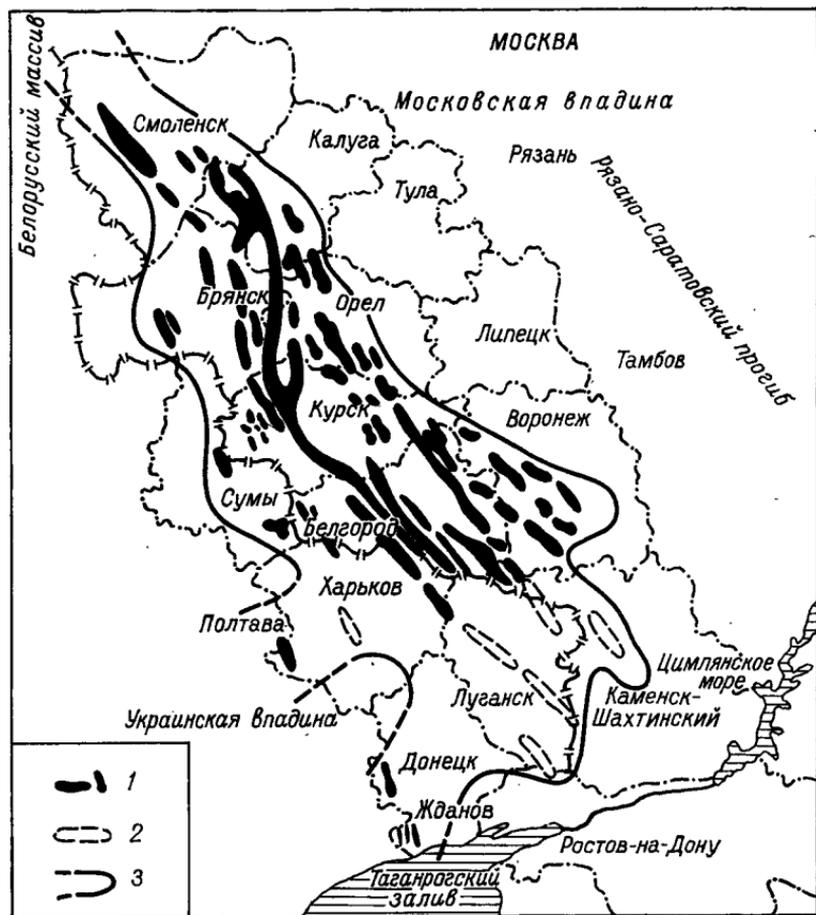


Рис. 6. Карта распространения залежей железистых кварцитов в бассейне Курской магнитной аномалии (по М. И. Калганову).

1 — залежи железистых кварцитов; 2 — магнитные аномалии, обусловленные залежами железистых кварцитов; 3 — условная граница бассейна КМА.

ло-серых песчано-глинистых слоек. Для их сложения типична линейная полосчатость.

Пока нет единого мнения о происхождении железистых кварцитов. По одному предположению первоисточником железа и кремния являются железистые и крем-

нистые рыхлые продукты выветривания горных пород, по другому — подводные вулканические извержения. Однако безусловных доказательств истинности той или другой точки зрения пока не найдено. Надо заметить, что исследование древнейших образований земной коры сопряжено с огромными трудностями.

В 1965 г. М. И. Калганов, давно изучающий древнейшие железные руды, выдвинул идею о космическом первоисточнике железа рудоносных кварцитов. Изложим кратко сущность гипотезы.

Всем хорошо известен небесный Млечный Путь — почти необъятное скопление неярких звезд, газовых и пылевых туманностей. Последние, как выяснили астрономы, состоят главным образом из мельчайших частиц железа, общая масса которых в четыре-пять раз превышает массу Солнца.

Земля и вся солнечная система вращается вокруг центра Галактики (Млечного Пути). Период оборота составляет 180—250 млн. лет. Длительность же архейско-протерозойской эры, как мы помним, 2900 млн. лет. Следовательно, Земля могла пройти через пылевидные туманности не один раз, и в эти периоды на нее осаждались громадные количества мельчайших космических железистых частиц.

Пласты железистых кварцитов залегают в верхнеархейских, нижнепротерозойских, среднепротерозойских и частично в верхнепротерозойских толщах. Можно предполагать, что именно в эти геологические времена Земля прошла через облако железной пыли Млечного Пути. Длительность прохождения каждый раз занимала несколько миллионов лет. Выпадение железистых пылевидных частиц на Землю становится тем вероятнее, что планета наша — огромный естественный магнит.

Оседавшее космическое железо усваивалось горными породами, отлагавшимися на суше и дне океанов, морей и озер, формировались минералы — магнетит, гематит, гетит, гидрогетит. Железная пыль покрывала всю поверхность Земли. В дальнейшем главная масса железистых частиц была переотложена водой и ветром, причем создались те пояса железорудных слоев, о которых было сказано раньше.

Эта космическая гипотеза довольно удачно объясняет большую протяженность, на которой прослеживаются

пласты древнейших железистых кварцитов. Из трех главных докембрийских железорудных бассейнов Южно-Африканский (Наама — Трансвааль) занимает область протяженностью 600 км, Лабрадорский (Канада) — 1300 км и Русский (Кольский полуостров — побережье Черного моря) — 2300 км.

В Русский бассейн входит Курская магнитная аномалия протяженностью 850 км и площадью 200 000 км².

Потом наклон плоскости орбиты вращения солнечной системы вокруг центра Галактики изменился, движение планет пошло по другим направлениям космоса. Наша планета уже с начала древней эры (палеозоя) не проходит через пылевые железистые туманности, поэтому кварциты и не оседали больше на поверхности Земли в таких колоссальных массах.

Отметим общие запасы древнейших железистых кварцитов: СССР (КМА и Кривой Рог) — 10 000 и 50 млрд. т, Северная Америка (район Верхнего озера) — 280 млрд. т, Южная Америка — 10 млрд. т, Индия — 15 млрд. т, Китай — 25 млрд. т, Южная Африка (Наама — Трансвааль) — 2500 млрд. т. Всего на земном шаре насчитывается около 15 000 млрд. т древнейших железных руд. Поистине космические величины!

Но железистые кварциты бедны железом; в месторождениях КМА они составляют 20—40%. Однако в КМА имеются громадные запасы и естественных богатых руд, в которых железа больше 45%, например тип красных железняков, которые содержат от 52 до 65% металла. Запасы богатых руд в КМА теперь оцениваются более чем в 50 млрд. т. При ежегодной выплавке стали в 250 млн. т этих запасов хватит для обеспечения всей металлургической промышленности СССР в течение 150 лет. При использовании и бедных руд запасов хватит на 15 000 лет! Пока КМА дает лишь 10 млн. т металла ежегодно.

Геологи, «читая» пласты, слагающие земную кору на территории КМА, установили, что в тех местах в архейско-протерозойскую эру существовал тропический климат, а также выяснили те природные процессы, которые превращали бедные руды в богатые.

Основа всех современных материков сложена докембрийскими кристаллическими породами. Местами они обнажены, т. е. выходят на земную поверхность. Такие ча-



Рис. 7. Схематическая карта докембрийских платформ.

сти материков геологи называют щитами. Кристаллические породы лежат на разной глубине от земной поверхности и чаще всего покрыты более поздними осадочными породами. Эти двухъярусные части материков называют плитами, а плиты вместе со щитами — платформами. Схематическая карта (рис. 7) показывает платформы, являющиеся ядрами современных материков.

ДРЕВНЯЯ ЭРА — ПАЛЕОЗОЙ

Палеозойская группа (или эра) объединяет шесть систем или периодов: кембрийскую, ордовикскую, силурийскую, девонскую, каменноугольную и пермскую. К концу протерозойской эры мощные, многократно повторявшиеся горообразовательные движения земной коры создали материки Русский, Сибирский, Китайский, Североамериканский, Южноамериканский, Африканский и Австралийский. Очертания их были далеки от современных. Тогда сформировались лишь ядра, основы теперешних континентов Европы, Азии, Австралии, Африки и обеих Америк. Построены они были все однородно: земная кора состояла из толщи древнейших кристаллических пород с массой железорудных залежей.

Наша планета представлялась в то время пустыней. Необозримо расстилалась безжизненная поверхность со сложным, часто скалистым рельефом на кристаллических породах. Океаны тех времен занимали не очень большие и неглубокие впадины. За сотни миллионов лет, прошедшие от конца древнейшей эры до начала древней (палеозойской), во впадинах накопились морские осадочные породы, покрывшие кристаллическую основу земной коры. Начиная с ранних периодов палеозоя нарастала мощность покрова осадочных пород и все глубже опускалась кристаллическая основа или, как выражаются геологи, фундамент земной коры.

Однако сложившаяся к концу палеозоя колонна осадочных пород в разных местах имеет различную мощность и стратиграфическую полноту. Например, в Ленинградской области мы наблюдаем снизу вверх отложения кембрийской и ордовикской систем, выше идут по-

роды девона; силур отсутствует, прямо на девон ложится рыхлая пачка четвертичных слоев. Как видим, колонна очень неполная: отсутствуют отложения силурийской, каменноугольной, пермской системы, всего мезозоя, палеогена и неогена. В Московской области на кристаллическом фундаменте находятся отложения кембрия, ордовика, затем идет девон, каменноугольная система, верхняя юра, нижний мел, четвертичные слои. В Воронежской области прямо на фундамент ложатся пласты девона, покрытые меловыми и четвертичными отложениями. Во всех этих трех областях глубина кристаллического фундамента резко различна: в Ленинграде — около 200, Москве — 1600 и в Воронеже — от 0 до 150 м.

Геологи объясняют это тем, что кристаллический фундамент земной коры оказался к началу палеозоя разбитым на большие или меньшие блоки, которые приобрели способность к самостоятельным колебательным движениям. Одни из блоков совершали преимущественно нисходящие движения, другие — восходящие. В таких условиях первые будут чаще всего оказываться ниже уровня моря, и на фундаменте век за веком будут накапливаться осадочные породы значительной толщины. Вторые же чаще всего будут выше уровня моря; здесь могут отлагаться осадки весьма небольшой мощности и с длительными перерывами, а в условиях размыва фундамент будет совсем выходить на земную поверхность.

В наше время множество буровых скважин прошло через всю осадочную толщу земной коры и врезалось в кристаллический фундамент. Стало возможным фактически подтвердить догадку о блоковом строении фундамента с начала палеозоя. То же подтвердили и результаты многолетних геофизических исследований силы тяжести (гравитации), магнитных свойств и упругости горных пород, обуславливающей распространение колебаний. На закономерностях этого распространения основан сейсмический метод * выявления внутреннего, глубинного строения земной коры.

Установлено также, что с самого раннего палеозоя в земной коре выделились поля с большой подвижностью, названные геосинклиналиями, и поля более устойчивые, из которых формировались платформы.

* Сейсмос (греч.) — землетрясение.

В дальнейшем подвижные участки стали областями особенно мощных накоплений осадочных пород, напряженного магматизма и горообразования, которое проявлялось этапами. Различают байкальский этап в позднем протерозое; каледонский, или саянский, этап, охвативший кембрий, ордовик, силур; герцинский — карбон и пермь; альпийский — мезозой и кайнозой. Около двенадцати миллионов лет назад начался новый этап крупных движений земной коры — неотектогенез.

Кембрийская система (и период). Сюда относятся самые древние слои палеозоя, содержащие богатейшие остатки органической жизни, позволяющие «прочитать» многие геологические события, которые происходили во времена, отдаленные от нас более чем полумиллиардом лет. Обитавшие тогда животные были, судя по окаменевшим останкам, так разнообразны и сложно устроены, что предки их, несомненно, начинали свою историю еще в протерозое, а возможно, и в позднем архее. Тогда существовали уже все типы современных животных, за исключением хордовых. Но все растения и животные кембрия были морскими, и остатки их находят только в слоях, отложившихся в море. Материки продолжали оставаться безжизненными пустынями вплоть до позднего ордовика, может быть даже до раннего силура, когда растения укрепились на суше.

В водах кембрийских морей процветали одноклеточные и многоклеточные водоросли.

Мир животных был разнообразен. На морском дне обитали одиночные губки, кораллы, стебельчатые иглокожие, брюхоногие и двустворчатые моллюски, примитивные головоногие, плеченогие и трилобиты. Плеченогие (брахиоподы) имели двустворчатую раковину, вели сидячий образ жизни и питались планктоном. Они процветали потом во всех системах палеозоя. Трилобиты — простейшие членистоногие. Удлиненное тело этого животного было на спинной стороне покрыто твердым панцирем, на котором вдоль тянулись две бороздки или лопасти (отсюда название трилобит — трехлопастной), разделявшие тело на три части. Трилобит имел двуветвистые конечности, одна пара которых служила для ходьбы или плавания, а другая — для дыхания. Средний трилобит был длиной 5—7 см, но изредка встречались экземпляры до 60 см.

В кембрийских слоях открыто не менее 1500 видов разных классов и отрядов животных. Но в общем это был период простейших трилобитов и брахиопод.

Различная мощность отложений в разных местах и неодинаковая по силе складчатость дали геологам основание определить местоположение платформ и геосинклиналей и воссоздать географию Земли эпохи раннего кембрия (рис. 8).

Карта показывает большое распространение на Земле морей и океанов, что обусловило обилие в кембрийских отложениях полезных ископаемых преимущественно осадочного происхождения (превосходный строительный камень, бокситы, фосфориты, марганец, железные руды, гипс, натриевые и калиевые соли; есть показания на промышленную нефть). Все эти полезные ископаемые особенно широко распространены в азиатской части СССР.

Ордовикская и силурийская системы (и периоды). Конец кембрия ознаменовался погружением под воду обширных пространств суши, на что безошибочно указывает распространение на значительных площадях современной суши морских осадочных пластов с останками характерных животных. Изучение окаменелостей показало исключительное богатство и разнообразие тогдашнего органического мира. Если для кембрия установлено около 1500 видов, то для ордовика вместе с силуром известно уже 15 000 видов. Такой пышный расцвет жизни одни объясняют более теплым климатом ордовика и силура, другие связывают это с повсеместным распространением морей в ордовике, что способствовало легкому и быстрому расселению фауны. Большое значение имела также приобретенная беспозвоночными способность вырабатывать твердый известковый скелет-панцирь, предохранявший их от хищников.

На небольших глубинах в изобилии обитали губки и кишечнополостные — жители мелкоморья с чистой, прозрачной, богатой кислородом и теплой (не ниже 18°С) водой. Важную роль играли плеченогие или брахиоподы — одиночные придонные животные прибрежных областей моря глубиной не больше 200 м, головоногие моллюски, часто крупные — до 5—7 м в длину и диаметром до 30 см, хорошие пловцы и опаснейшие хищники, похожие на кальмаров и наутилусов современных морей.

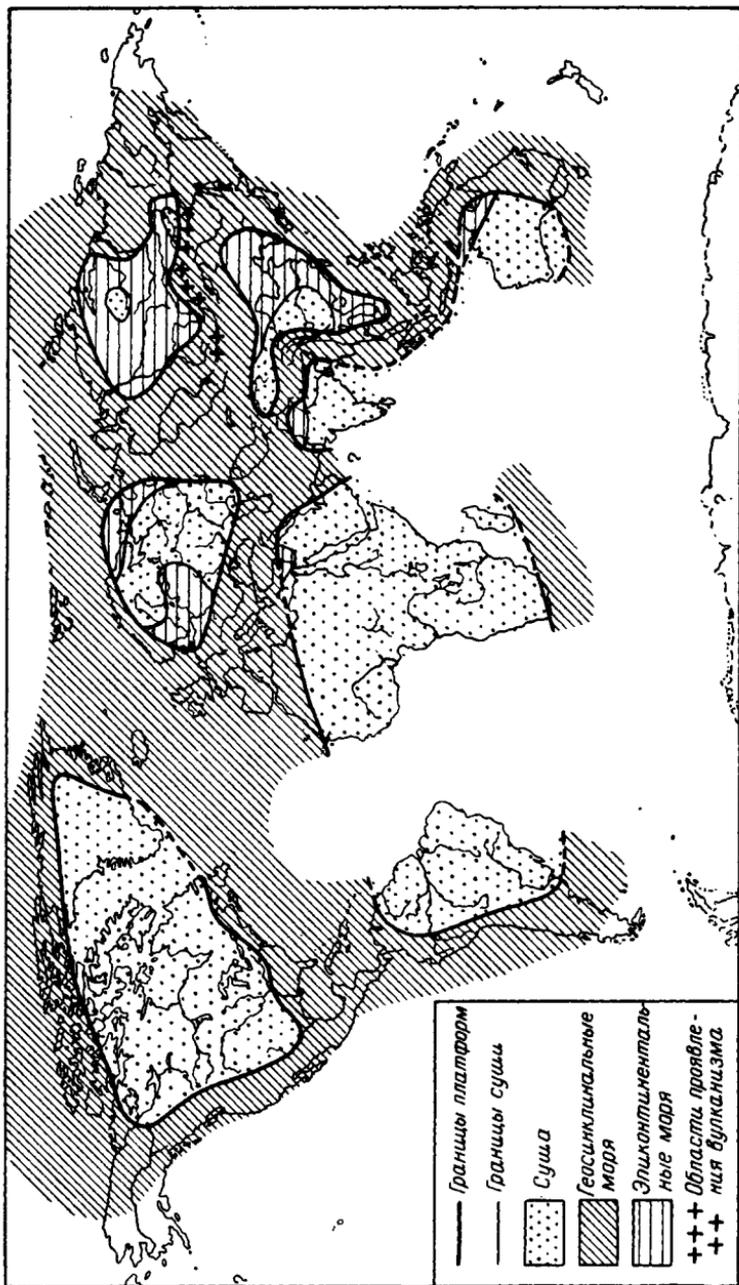


Рис. 8. Моря и суша в период раннего кембрия.

Из растений укажем известьвыделяющие и сине-зеленые водоросли; найдены, особенно в слоях силура Прибалтики, несомненные остатки примитивной наземной флоры.

Движения земной коры существенно изменили очертания материков и морей (рис. 9). Особенно мощно движения проявились в геосинклинальных областях, где накопились огромные массы осадочных и вулканических пород, смятых затем в складки и превращенных в горные сооружения: Аппалачи (Северная Америка), Каледонские горы (Англия), Норвежские, Западноуральские, Казахстанские, Алтайские, Саянские, Северо-Тянь-Шаньские.

Это горообразование, называемое каледонским, сказалось в общем поднятии земной коры как в геосинклиналях, так и на платформах. Низменные дотоле материки стали возвышенными, и повсеместно равномерный теплый морской климат стал сменяться континентальным, нередко с пустынным, засушливым режимом.

Мощные движения, особенно в подвижных областях, охватили земную кору целиком, на всю глубину. Очень вероятно, что эти движения были связаны, как и раньше, с перемещениями огромных масс магмы, пришедшей под действием радиоактивного тепла в жидкое состояние. По разломам земной коры магма изливалась на поверхность Земли в виде вулканических извержений и внедрялась в сминавшиеся в складки пласты осадочных пород, принося с собой в газообразном и жидком состоянии различные металлы. Охлаждаясь среди пластов земной коры, эти металлы создали большое число месторождений железных, медных, хромитовых, молибденовых, вольфрамовых и ванадиевых руд, а также залежи плавикового шпата в Саяно-Алтайских и Казахстанских горах.

Девонская система (и период). Удивительной силы горообразовательные процессы каледонского цикла в течение ордовикского и силурийского периода перестроили облик поверхности Земли, воздвигнув в перечисленных местах горные цепи на месте океанов и высоко подняв сушу. Моря освободили обширнейшие пространства, и площадь суши очень разрослась. Об этом геологам говорят встречающиеся в толще девонских слоев морские, лагунные и наземные осадки.

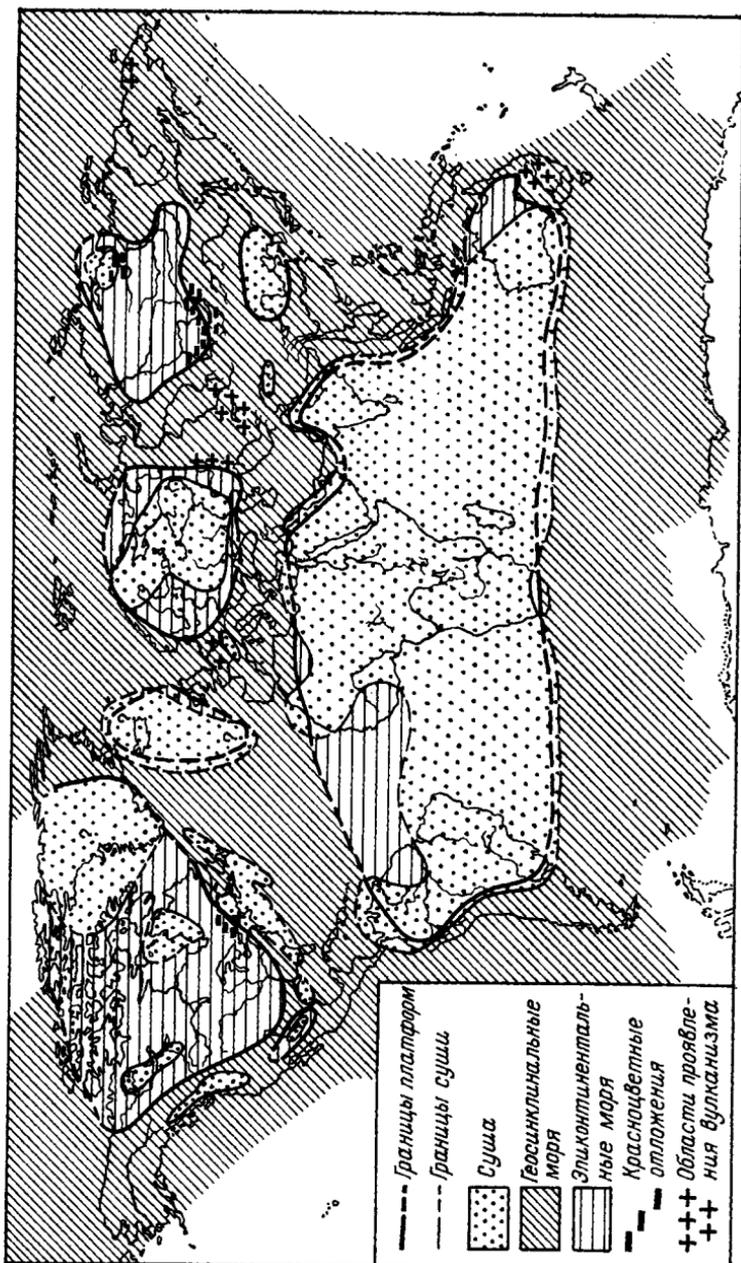


Рис. 9. Моря и суша в период раннего ордовика.

Образовались новые очертания морей и континентов, что, как было указано, резко изменило климат нашей планеты. Это остро сказалось на органическом мире. Растения значительно прогрессировали; кроме различных морских и лагунных водорослей в континентальных отложениях содержатся остатки многочисленных наземных растений — от простейших безлистных псилофитов* до появившихся позднее лиственных первопапоротников. Пустынный до тех пор пейзаж материков сильно изменился: влажные болотистые области и морские побережья покрылись густым растительным покровом. Так было на месте нынешней Шотландии, Норвегии, Чехословакии, ГДР, ФРГ, азиатской части СССР, Китая, Канады.

Растительные остатки образовали даже небольшие залежи угля, например на острове Шпицберген и на Тимане.

В этот период происходит резкое угасание одних форм беспозвоночных и развитие других. Трилобиты вымерли настолько, что число их родов уменьшилось в восемь раз. Сильно вымерли и головоногие моллюски. Господствующее значение приобрели брахиоподы или плеченогие (рис. 10). Современные брахиоподы обитают исключительно в морях, чаще всего на глубине 30—200 м, а палеозойские населяли в основном мелкоморье не глубже 40—50 м; некоторые роды легко переносили колебания солености воды, нередко заселяя опресненные лагуны и заливы и даже, возможно, приспособляясь к пресным прибрежным болотам и озерам.

Особенно интересно проследить, как развивались рыбы. Появившиеся в конце силура панцирные акулы дали начало множеству рыб, так что девон нередко называют «временем рыб». Для слоев верхнего девона характерны останки настоящих акул. Теряя громоздкий костный панцирь, акулы стали переселяться из пресных водоемов в океан.

Распространенные в тот период костные рыбы делились на двоякодышащих, кистеперых и лучеперых. Очень немногие двоякодышащие дожили до наших дней. Кистеперых рыб считают предками наземных позвоночных. Раньше полагали, что кистеперые совершенно исчезли

* Псилофит (греч.) — голый; фитон (греч.) — растение.

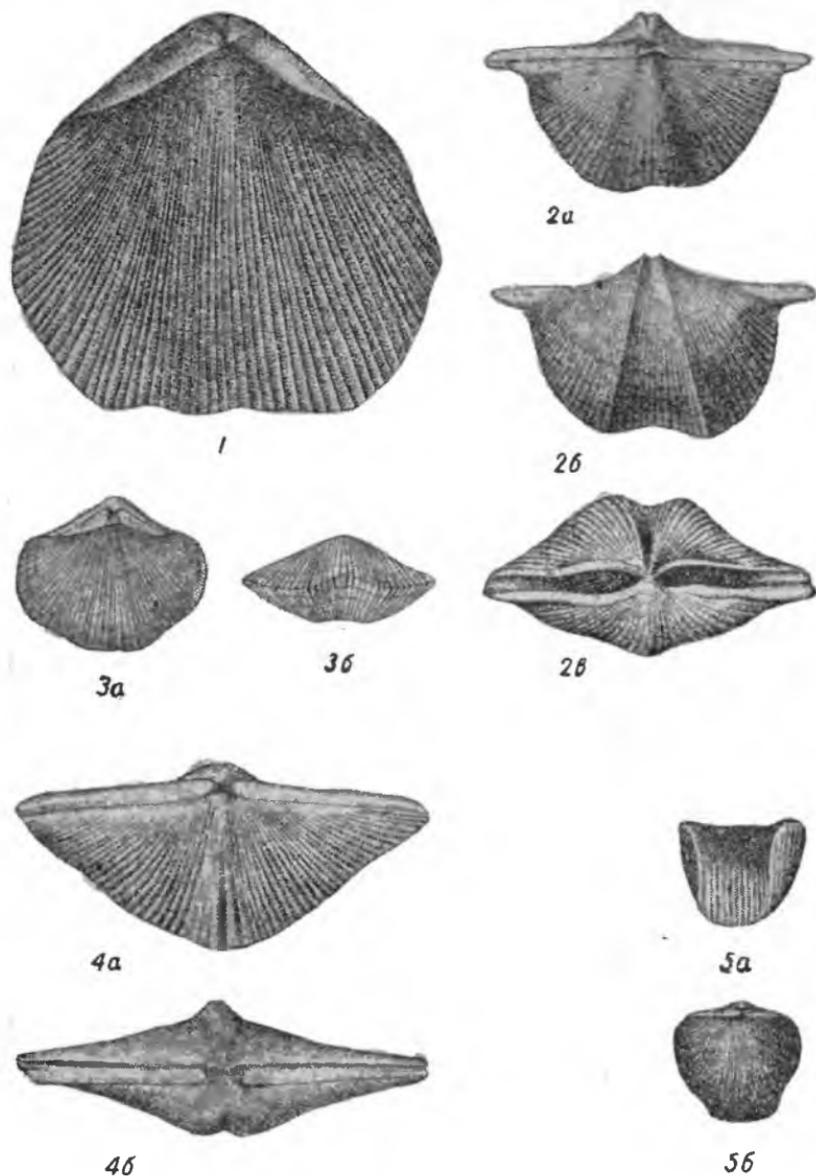


Рис. 10. Брахиоподы девона.

1 — *Pentamerus baschkiricus* U. (D); 2a, 6, 3 — *Spirifer disjunctus* Sow. (D₃);
 3a, 6 — *Sp. martjanovi* Stuck (D₃); 4a, 6 — *Sp. verneuli* Murch (D₃); 5a, 6 —
Rhynchonella cuboides Sow. (D₃).

к концу мезозойской эры. Но в 1939 и 1952 гг. у восточного побережья Южной Африки в Индийском океане были пойманы живые кистеперые длиной более 1,5 м.

Лучеперые дали начало современным костистым рыбам.

В позднедевонские времена появляются первые наземные позвоночные — стегоцефалы, или крышеголовые. Такое название им дано потому, что их черепа были покрыты панцирями из массивных кожных костей.

Географическое распространение отложений девонской системы с содержащимися в них окаменелостями дает надежное основание для восстановления облика Земли того времени. В северном полушарии вырисовываются два обширных материка — Северо-Атлантический и Ангарида (от названия реки Ангары), на юге — колоссальный материк Гондвана. Между ними сформировался срединный океан или Тетис.

В девонский период земная кора испытала небольшое поднятие, затем погружение и вновь поднятие. В горах Шотландии, Казахстана, Северного Алтая происходила довольно напряженная вулканическая деятельность, и на земную поверхность изливались базальтовые лавы и извергались большие массы пепла. На восточном Урале, в Западной Европе и Западных Аппалачах шли вулканические извержения под водой и на островах.

На материках северного полушария господствовала пустыня, местами с пересыхающими бессточными водоемами. В засушливых пустынных областях шел напряженный процесс выветривания и разрушения гор. Продукты выветривания — красные пески и глины — накопились на прилежащих низменностях.

Отчетливое представление о строении земной коры и последовательном залегании друг на друге кристаллических (P, St) и осадочных (St, O, D, Q) отложений дает геологический разрез северной части Русской равнины (рис. 11).

Из полезных ископаемых девона в Москве, Старой Руссе, Липецке назовем соли, рассолы, лечебные минеральные воды. На западном склоне Среднего Урала и восточном Северного Урала имеются залежи железных и алюминиевых (бокситы) руд. Но ценнейшими полезными ископаемыми, скрытыми в девонских пластах, являются нефтяные и газовые месторождения в Поволжье,

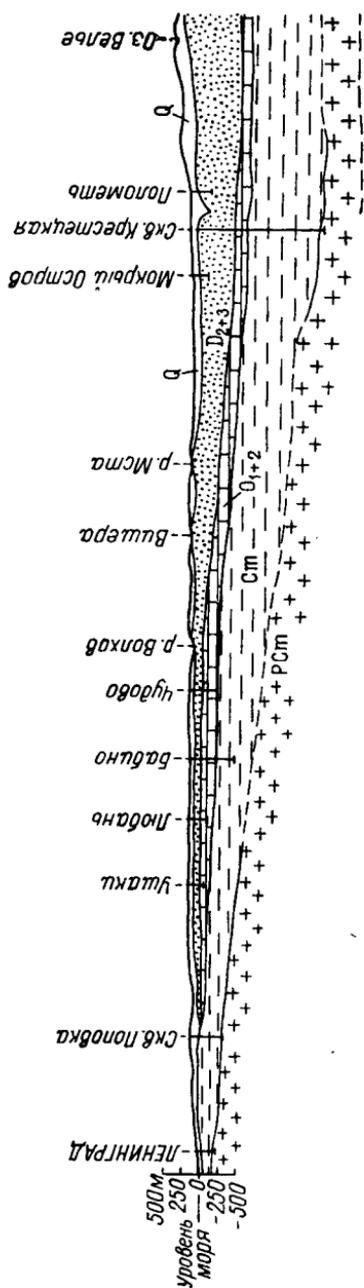


Рис. 11. Геологический разрез Ленинград — Чудово — озеро Велье.

Отложения: rSt — докембрийские; St — кембрийские; O₁₊₂ — ранние и средние ордовикские; D₂₊₃ — средние и поздние девонские; Q — четвертичные.

на Украине, в Белоруссии, Приуралье, Тиманском кряже, Западной Виргинии, Пенсильвании и штате Нью-Йорк. В Барзаском районе Кузбасса и на Западном Урале известны залежи горючих сланцев.

Каменноугольная система (и период). Изучение каменноугольных отложений имеет огромное научное и практическое значение. На всех современных материках залегают породы каменноугольной системы со множеством превосходно сохранившихся остатков растений и животных. Это дает возможность глубоко и всесторонне осветить развитие земной коры и органического мира того времени.

Геологические исследования показали, что в те времена широкие пространства были покрыты большими заболоченными лесами из крупных древовидных папоротников, плаунов и хвощей высотой от 40 до 70 м, захороненные в пластах остатки которых превратились в основные угольные зале-

жи мира. Заросшие папоротникообразными и обычными папоротниками, а также вечнозелеными широколиственными растениями низинные болота покрывали обширные площади материков.

Животные были представлены морскими, пресноводными и наземными беспозвоночными и позвоночными. Впервые появились насекомые — пауки, тысячножки, стрекозы, тараканы, которых со временем стало больше 1000 видов. Некоторые летающие насекомые достигали громадных размеров — до 70 см в размахе крыльев.

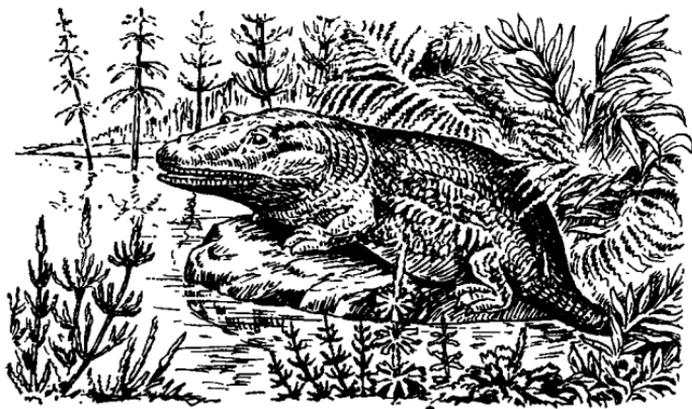


Рис. 12. Стегоцефал.

Каменноугольный период был важным этапом развития земноводных (амфибий) и пресмыкающихся (рептилий). Разнообразен был мир амфибий-стегоцефалов длиной от 2 до 10 м. Одни из них вели плавающий образ жизни, другие лазали по деревьям. Наиболее древние — лабиринтодонты, похожие на крокодилов длиной до 4,5 м, обитали в озерах и реках (рис. 12).

В позднекаменноугольную эпоху появились пресмыкающиеся, ведущие свою родословную от земноводных. В окрестностях города Сеймурии в Техасе (Сев. Америка) были найдены ископаемые остатки животного, начавшего превращаться в пресмыкающееся, или уже пресмыкающегося, только что перешагнувшего границу, отделяющую его от земноводных. В честь города оно было названо сеймурией. Важным различием между этими группами является строение яиц: земноводные от-

кладывают яйца в воду, а пресмыкающиеся — на землю, поэтому их яйца покрыты прочной оболочкой. До сих пор они, однако, не найдены, и, может быть, никогда не удастся определить, к какому классу относится сеймурия. Это было крупное, медлительное животное, внешне похожее на ящерицу.

К концу периода многие группы плеченогих, моллюсков и трилобитов стали быстро исчезать, что связывают с появлением в морях крупных прожорливых хищников — селахий.

Смена жизненных форм шла своим чередом под влиянием изменений физико-географических условий. В начале периода климат земного шара был равномерным, близким к климату современных влажных тропиков: лишённые годичных колец стволы деревьев, воздушные полости в корнях папоротников говорят о высокой влажности воздуха и болотистой почве. Одинаковость остатков растений от Гренландии и Шпицбергена до Аргентины и острова Тасмания указывает на сходный климат на огромных пространствах обоих полушарий.

Пытаясь объяснить такое однообразие климата на всем земном шаре, ученые выдвигали разные гипотезы. Одни говорили, что Земля в раннем карбоне была окружена воздушной оболочкой, богатой углекислотой, которая уменьшала теплопроводность атмосферы; это задерживало отдачу земного тепла в мировое пространство. Другие допускали, что земная ось имела тогда иное положение, вследствие чего экватор проходил через восточные штаты Северной Америки и Европу, северный полюс находился в северной части Тихого океана, а южный — около мыса Доброй Надежды.

Такое предположение как будто подтверждалось находкой моренных нагромождений в Аргентине, Южной Африке, Индии и Австралии. Морены в толщах каменноугольной системы представляют собой несомненные следы оледенения, охватывавшего обширнейшие пространства древнего материка Гондваны, где теперь лежат жаркие тропические области. Здесь находят остатки особых родов папоротника, который мог обитать только в сухом и холодном климате.

Возможно, более верны гипотезы, которые объясняют своеобразие тогдашних физико-географических условий особенностями рельефа земной поверхности и взаимоот-

ношения моря и суши. Пробудившиеся движения земной коры достигли большой интенсивности в геосинклиналях, где в конце раннего и начале среднего каменноугольного периода возникли многие горные цепи, например Судетские в Западной Европе. Платформы поднялись над уровнем моря, и оно освободило значительные пространства суши. Резко сократились площади болотистых, часто затопляемых побережий. Это создало более сухой континентальный климат, который сделался близким к пустынному в последующие — пермский и триасовый — периоды.

В средний и поздний каменноугольный период на земном шаре установилась явно выраженная климатическая зональность. На суше обозначаются три большие провинции: северная или тунгусская (умеренная), среднеевропейская (тропическая) и южная, гондванская (умеренно холодная). Здесь, на материке Гондване, каменноугольный период закончился развитием мощного оледенения.

Весьма разнообразная физико-географическая обстановка, пестрый климат и интенсивная горообразовательная деятельность создали предпосылки для образования в толщах каменноугольной системы богатого комплекса полезных ископаемых.

Внедрявшиеся в подвижных участках земной коры магма, ее газы и горячие растворы привели к формированию залежей руд золота, серебра, платины, свинца, цинка, кобальта, вольфрама, молибдена, мышьяка, сурьмы, ртути, висмута. Пример — богатейшие месторождения хромита, платины, асбеста, медных и железных руд на Урале; кроме того, внедрение в земную кору гранитов привело здесь к образованию в жилах драгоценных и полудрагоценных камней: топаза, изумруда, аметиста, турмалина, рубина, сапфира, горного хрусталя.

Исключительна промышленная ценность угленосной формации в Подмосковье, Донбассе, Караганде, Польше, ГДР, ФРГ, Бельгии, Франции, Англии, Северной и Южной Америке, Австралии, Китае.

Велико значение нефтеносной формации в Поволжье, Приуралье, Пенсильвании.

Пермская система (и период). Рудокопы в горах Западной Европы еще в XVIII веке подметили, что на угле-

носных отложениях каменноугольной системы залегают толща весьма своеобразных слоев, покрытых другими горными породами. В этой толще рудокопы различали (снизу вверх): слои красного цвета без угля и руды, рудные слои и твердые светлые известняки. Ученые подтвердили наблюдения рудокопов и доказали, что названные слои принадлежат к самостоятельной стратиграфической системе. Она была названа «пермской», так как наиболее отчетливо выделяется и широко распространена на востоке Русской равнины, в том числе на территории бывшей Пермской губернии. В дальнейшем было доказано наличие больших отложений этой системы и в США.

Пермский период явился последним в палеозойской эре. Могучее герцинское или уральское горообразование, начавшееся в каменноугольном периоде, закончилось в поздние пермские времена. На всем земном шаре поднялись материки; мелкие моря, покрывавшие обширные площади от Каспийского моря до Ледовитого океана и от Небраски до Техаса, ушли, и на их месте остались засоленные пустыни. Временами в них появлялись большие полупресные озерные водоемы; иногда возникали бессточные реки, терявшиеся в этих пустынных пространствах. В геосинклиналях складкообразовательные движения воздвигали гигантские горные цепи — от Урала до Тянь-Шаня в СССР и от Новой Шотландии до Алабамы в США. Под влиянием этих мощных движений земной коры древние материки Северо-Атлантический и Ангарида слились в одну обширнейшую сушу, которая простиралась от современных Кордильер до долины реки Лены.

Сформировавшийся было в позднем девоне средиземный океан Тетис почти полностью закрылся; от него осталась лишь восточная часть, покрывавшая территорию от Испании до Малайского архипелага (рис. 13). Со стороны Антарктики двигались ледниковые массы, покрывавшие большую часть южного полушария, доходя в Африке и Южной Америке почти до экватора. На территориях, свободных от ледникового покрова, климат стал значительно холоднее и суше, чем был в течение почти всей палеозойской эры.

Резкое изменение климата и рельефа сильно сказалось на органическом мире. В то время как морские бес-



Рис. 13. Моря и суша в позднюю пермскую эпоху.

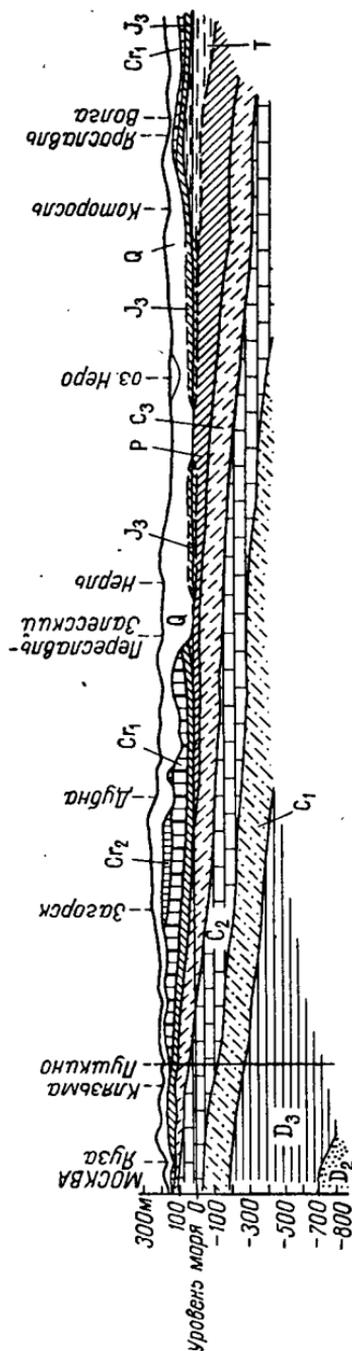


Рис. 14. Геологический разрез средней части Русской плиты (Москва — Ярославль).

Отложения: D₂ — среднедевонские; D₃ — верхнедевонские; C₁ — нижнекаменноугольные; C₂ — среднекаменноугольные; C₃ — верхнекаменноугольные; P — пермские; J₃ — триасовые; Cr₁ — верхнемеловые; Cr₂ — верхнемеловые; Cr₃ — четвертичные.

позвоночные пермского и каменноугольного периодов сходны между собой, наземные позвоночные и растения заметно различаются. Вследствие охлаждения морской воды и большого сокращения числа мелких морей угасли даже многие беспозвоночные. Сохранившиеся в пермских слоях остатки растений и животных убедительно показывают, что большое число палеозойских растений и животных не смогло приспособиться к резким изменениям климата и рельефа и погибло.

Необходимо все же отметить, что влажный, местами умеренно теплый, местами умеренно холодный климат оказался благоприятным для развития пресмыкающихся (рептилий), ответвившихся от своих предков — земноводных (амфибий). В слоях ранней перми в береговых обрывах Северной Двины было открыто целое кладбище крупных растительных рептилий — парейазавров, достигавших трех метров в длину. В тех же сло-

ях оказались костяки другого пресмыкающегося — иностранцевии. Судя по строению зубов, это был опасный хищник. Имея легкий, подвижной скелет, он мог быстро передвигаться и молниеносно нападать на малоподвижных парейазавров.

Геологический разрез по линии Москва — Ярославль (рис. 14) хорошо показывает строение осадочной части земной коры в районе Русской плиты.

Особенности развития земной коры в течение пермского периода привели к созданию в ней богатого и весьма разнообразного комплекса полезных ископаемых. Определяющими факторами явились господство засушливого климата на обширных слабоподвижных материках, массовая гибель растений и животных и довольно значительное количество магмы, внедрившейся в слои горных пород. Это привело к формированию соленосных, нефтеносных, угленосных и магматогенных накоплений.

На данном примере с полной отчетливостью видно огромное значение исторической геологии. Для предвидения возможного комплекса полезных ископаемых в отложениях определенного геологического периода надо уметь читать по пластам физические и химические процессы, протекавшие на Земле в тот период, географическую обстановку того времени. Земная кора является природной физико-химической лабораторией, в которой формируются соединения различных химических элементов, самые разнообразные полезные ископаемые, в зависимости от условий, господствующих в то или другое геологическое время.

В отложениях пермской системы на территории Европы, Северной Америки и Азии хранятся крупнейшие залежи гипса, каменной и калийной соли (NaCl , KCl), мощность которых, например, в районе Северо-Германской низменности, превышает 1000 м. Грандиознейшие запасы этих же солей сосредоточены в западной Приуральской зоне — Соль-Илецкое и Соликамское месторождения. В последнем подсчитано двадцать миллиардов тонн калийной соли, что в несколько раз превышает все остальные ее запасы на Земле.

В раннепермскую эпоху гипс, т. е. сернокислый кальций ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), накапливался в условиях полупустыни на востоке Русской платформы от бассейна Северной Двины до Прикаспийской впадины. Залежи соли

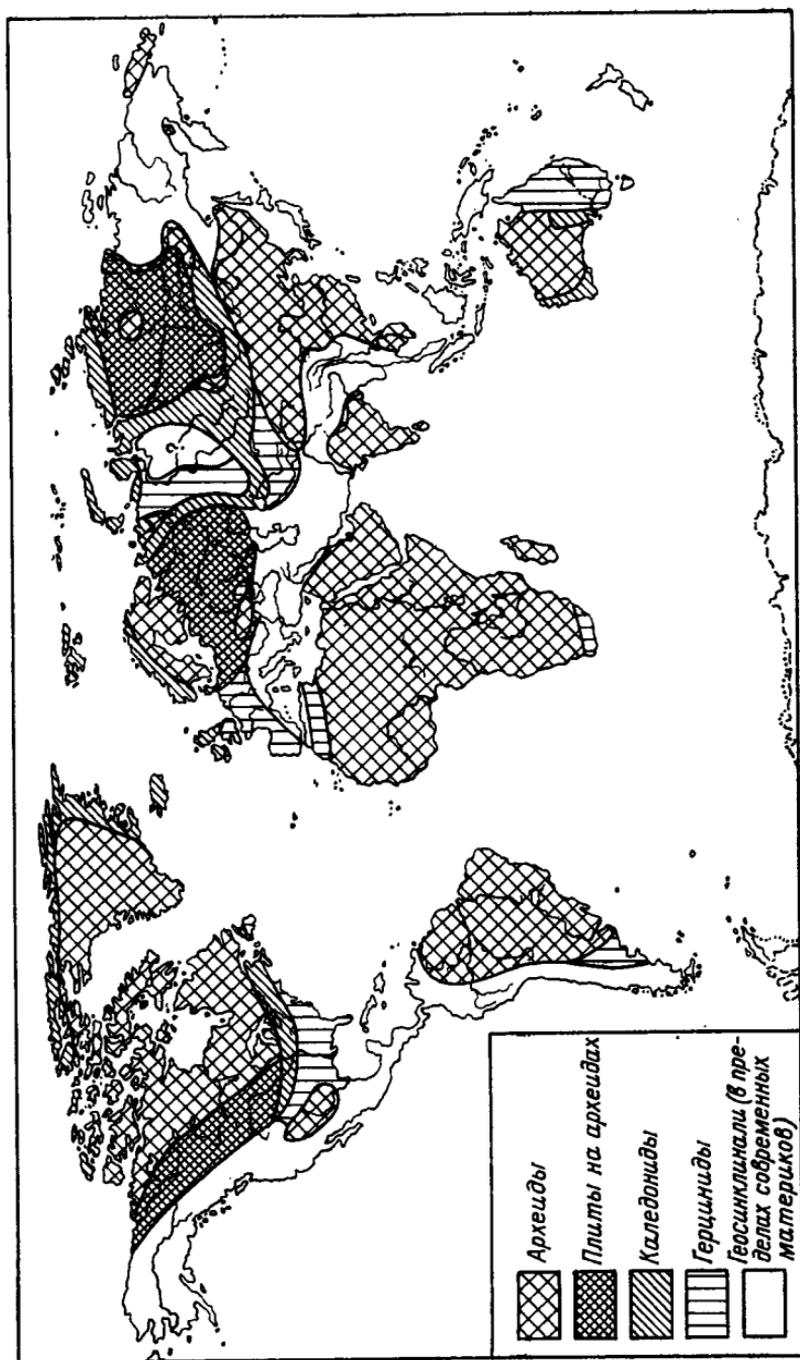


Рис. 15. Схема структурных элементов земной коры после герцинского горообразования.

в Северной Америке тоже занимают огромную площадь до 260 000 км² в штатах Канзас, Оклахома, Нью-Мексика и Техас. На этой же территории, так же как и у нас в Волго-Уральской и Урало-Эмбинской областях, пермские пласты нефтеносны.

Со слоями пермской системы связаны сотни миллиардов тонн каменного угля у нас в Печорском, Тунгусском и Кузнецком бассейнах, во Франции, Чехословакии, Китае, Индии, Австралии, странах Южной Африки, Северной и Южной Америки.

Весьма вероятно, что в конце перми возник ряд месторождений медных, мышьяковых, оловянных и урановых руд в Рудных горах Западной Европы, золота, полиметаллов и меди в горах Урала, Тянь-Шаня, Алтая и Калбинского хребта в СССР.

К концу палеозойской и началу мезозойской эры современные материки представляли собой сочетание платформ и горных сооружений архейских, нижнепалеозойских (каледонских), верхнепалеозойских (герцинских) и вновь заложившихся подвижных поясов (рис. 15).

СРЕДНЯЯ ЭРА — МЕЗОЗОЙ

Мезозойская эра охватывает три периода — триасовый, юрский и меловой — общей продолжительностью в абсолютном летоисчислении до 170 млн. лет. Чем позднее пласты вошли в состав земной коры, тем меньше они испытали всяких изменений, тем лучше сохранились в них остатки растений и животных. Очень важно и то, что более поздние растения и животные стоят ближе к современному органическому миру, и это часто дает возможность историку-геологу установить по остаткам с большой точностью не только строение тела, но и образ жизни. Отметим, что и количество окаменелых остатков в мезозойских пластах обычно очень велико.

Отсюда понятно, что о периодах мезозойской эры геологи имеют многочисленные и подробные сведения. В небольшой книжке невозможно описать каждый период в отдельности. Придется ограничиться характеристикой всей эры.

В течение мезозойской эры произошло заложение таких грандиозных горных цепей, как Анды и Кордильеры, Верхоянские и Колымские, Альпийские и Кавказские, окончательно сформировавшихся уже в раннем кайнозое. Вследствие этого многие геологи сливают горообразование мезозойское и кайнозойское в одно самостоятельное, которое можно назвать в таком случае Альпийско-Кавказским.

Ранний мезозой ознаменовался колоссальными разломами земной коры, которые пересекли почти по меридиану возникшие к концу палеозоя огромные материки Северный — Лавразию, образовавшуюся из слияния Канадской и Русской платформ, и Южный — Гондвану, в состав которой входили Южная Америка, Африка, Индостан и запад Австралии. Ряд таких разломов прошел там, где теперь расположен Атлантический океан. Эти разломы дали начало обособлению материков обеих Америк и впадины Атлантического океана. Другой ряд разломов прошел восточнее: вдоль восточного склона Урала и восточных берегов Африки. Этими разломами были ограничены материк Африки и впадина Индийского океана. Третий ряд прошел далеко на востоке, приведя к возникновению восточного борта Индийского океана, восточного края материков Азии и Австралии и, возможно, гигантской впадины Тихого океана.

Развиваясь в течение мезозоя и кайнозоя, названные элементы земной коры постепенно приобрели современные очертания. Обширнейшие палеозойские материки распадались, и на их опускавшихся частях собирались воды будущих океанов — Атлантического, Индийского и Тихого. Так сокращалась площадь суши и начинался, как считают некоторые геологи, век океанизации, продолжающийся до наших времен.

Во многих местах столь грандиозные движения огромных площадей нередко сопровождалось напряженным проявлением магматизма. Вообще в развитии земной коры с магматизмом связаны различные геологические процессы, в том числе мощные горообразовательные движения, что нередко сопровождается крупным рудообразованием.

Изучая мезозойские отложения, геологи прочитали по ним, что в течение триасового и большей части юрского периода многие материки были высоко подняты над

уровнем моря. Климат в триасе был сухой, но более теплый, чем в перми, в юре — влажный и еще более теплый.

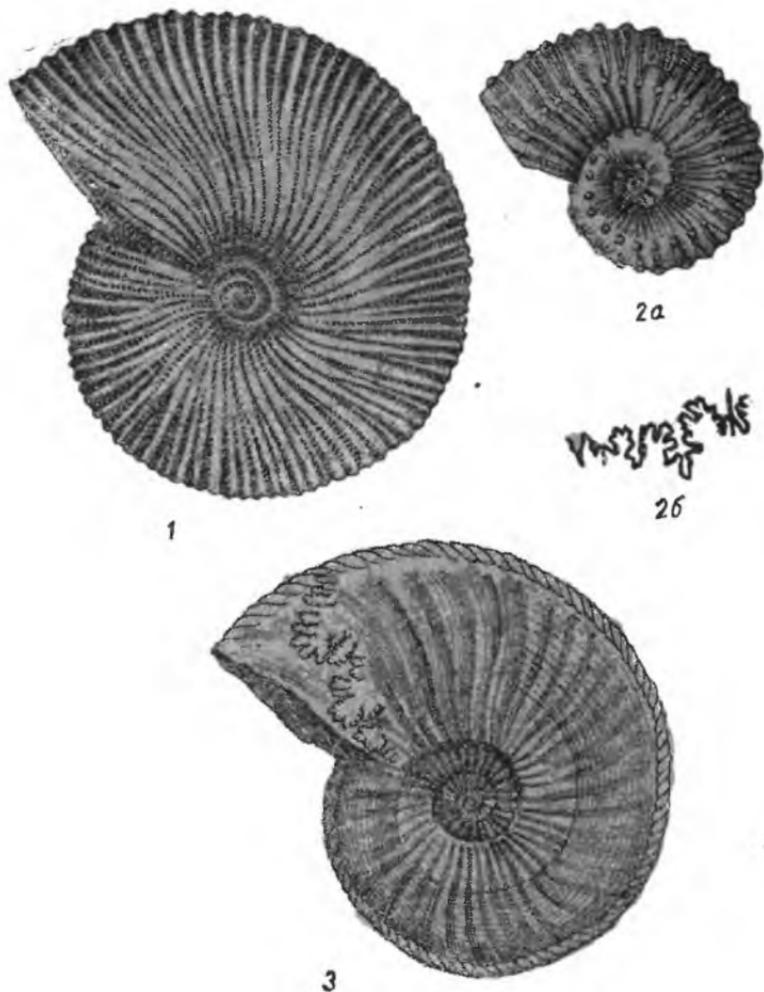


Рис. 16. Аммониты юры.

1 — *Macrocephalites macrocephalus* Schloth. (Js); 2a, б — *Kosmoceras jason* Reinecke (Js); 3a, б — *Amaltheus margaritatus* Montf. (J).

В позднюю юру на материках Европы, Азии и Северной Америки возникли прогибы земной коры, по которым из океанов распространились морские воды, образовав местами проливы, заливы или полузамкнутые бассейны,

очень слабо связанные с океаническими просторами. На дно этих мелких материковых морей осаждались мало-мощные пески, глины, известковые и глинистые илы.

Огороженные материками моря были спокойными, без бурь и большого волнения, с теплой водой, до дна освещаемой солнцем; у берегов, вследствие поступления с обширной суши пресной речной воды, концентрация солей значительно понижалась. Все это исключительно благоприятствовало расцвету водорослей и разнообразнейших групп беспозвоночных, ушедших далеко вперед в своем развитии по сравнению с палеозойскими животными. Основное значение среди морских беспозвоночных приобрели головоногие моллюски — белемниты и аммониты (рис. 16). Подвижные пояса земной коры были заняты океанами. Снова возродился Тетис (рис. 17).

В меловом периоде стала опускаться южная часть Европы и Северной Америки, вследствие чего материковые моря широко распространились с запада на восток. Облик Земли в позднемеловое время можно представить по схематической карте (рис. 18). Виднейшую роль в морях и океанах по-прежнему играли белемниты и аммониты (рис. 19).

К концу мезозойской эры эти разнообразные морские беспозвоночные почти полностью вымерли, не сумев приспособиться к вновь резко изменившейся физико-географической среде. Однако характернейшей чертой мезозойской эры надо считать возникновение, расцвет и почти полное вымирание множества пресмыкающихся (рептилий). Нередко мезозой называют «эпохой пресмыкающихся».

По окаменелостям установлено шесть основных эволюционных ветвей рептилий. К самой примитивной принадлежат возникшие еще в перми черепахи. Будучи защищенными крепким панцирем, морские и сухопутные черепахи, пережив в течение почти двухсот миллионов лет огромные изменения в расположении морей и материков, почти полностью сохранили свое строение до наших дней.

Вторая группа — ящерицы, распространенные и среди ныне живущих рептилий. От них произошли змеи.

Главной группой пресмыкающихся были архозавры, единственными современными представителями которых являются крокодилы, известные с позднего триаса.

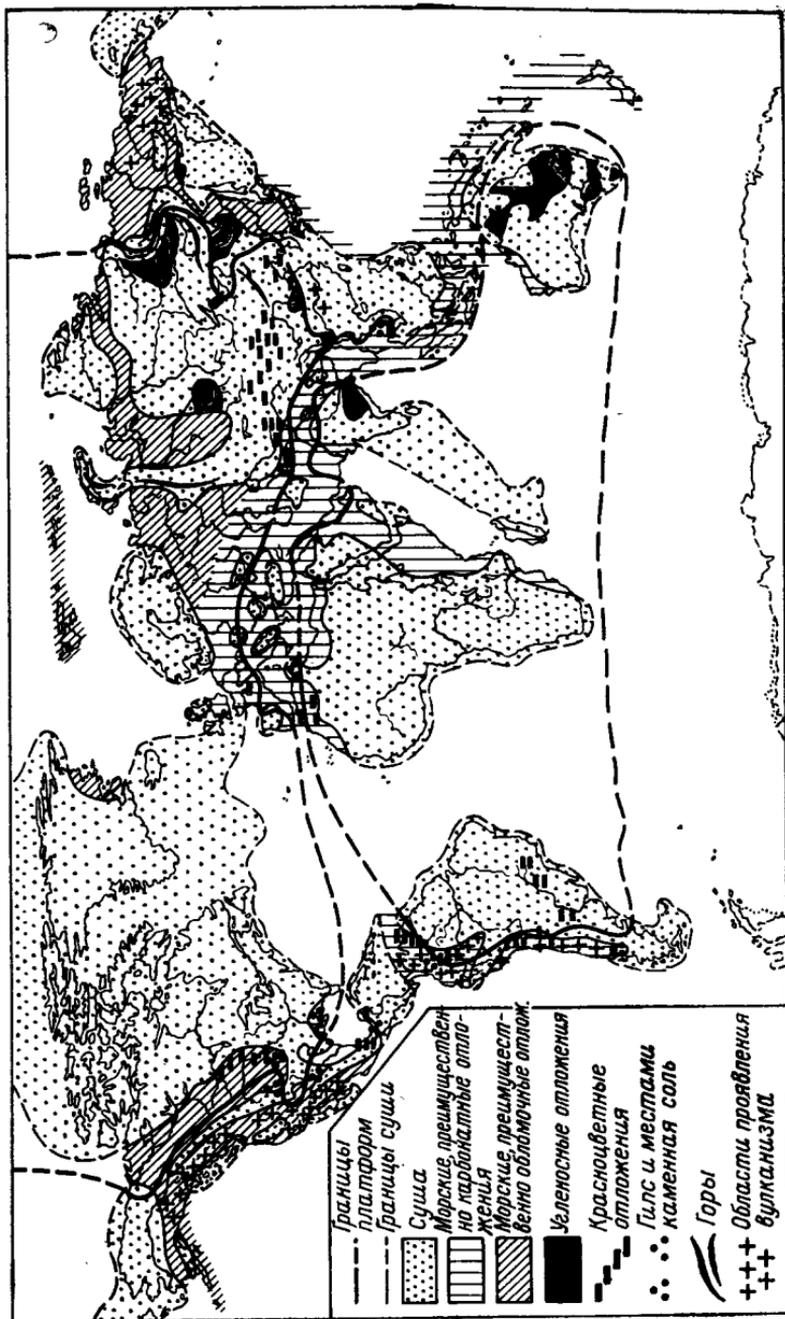


Рис. 17. Моря и суша в позднеледниковую эпоху.

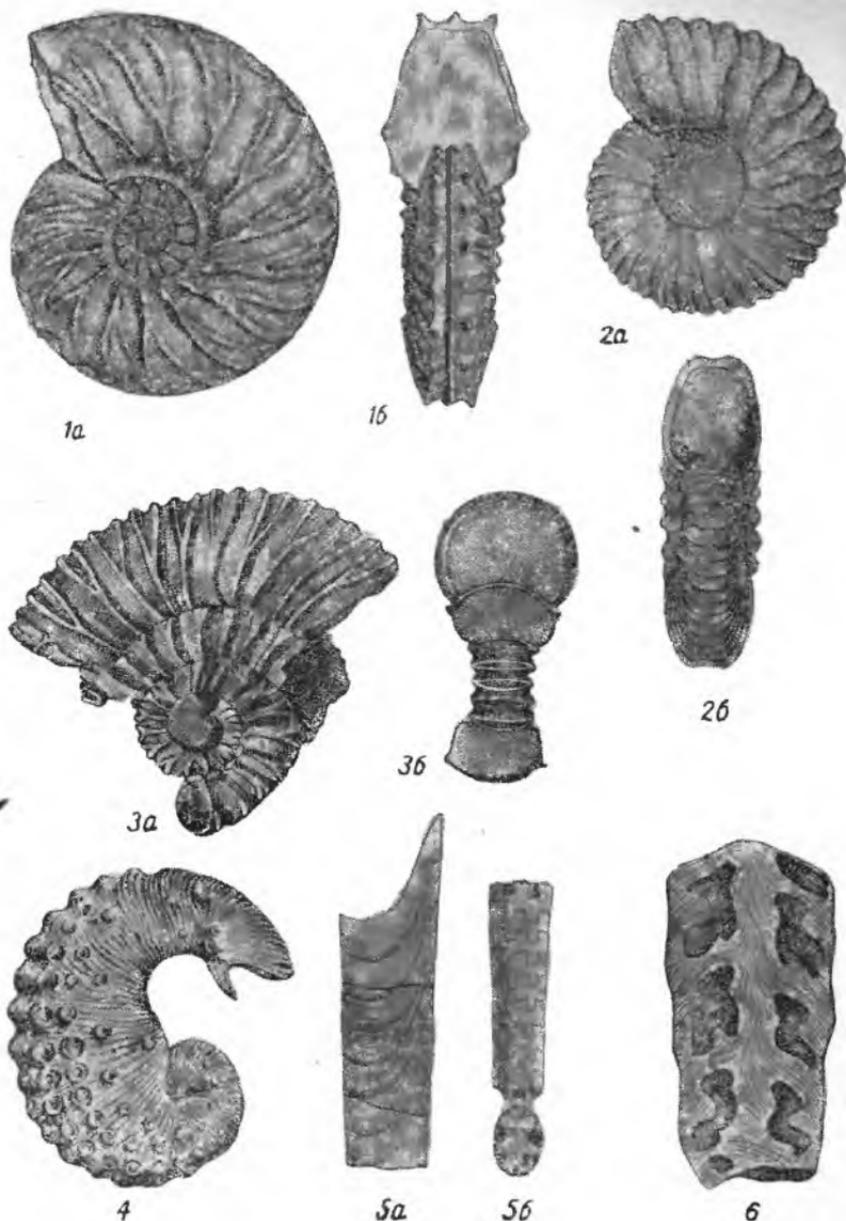


Рис. 19. Фауна мелового периода.

1а, б — *Schloenlachia varians* Sow. (Cr₁); 2а, б — *Hoplites rjasanensis* Nik. (Cr₂); 3а, б — *Simbirskites versicolor* Trautsch. (Cr₁); 4 — *Scaphites* Park. (Cr₂); 5а, б — *Vaculites* Lam. (Cr₂); 6 — *Nerinea* Deffr. (Cr₁ — поперечный разрез).



Рис. 18. Моря и суша в поздне меловую эпоху.

Позже появились летающие рептилии — птерозавры. В основном это были небольшие животные величиной с малиновку, но встречались и гиганты, например. птеранодон с размахом крыльев до девяти метров.

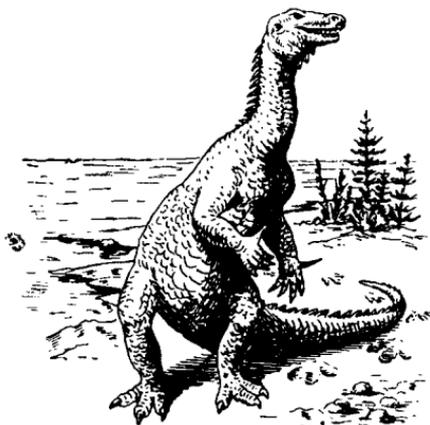


Рис. 20. Игуанодон.

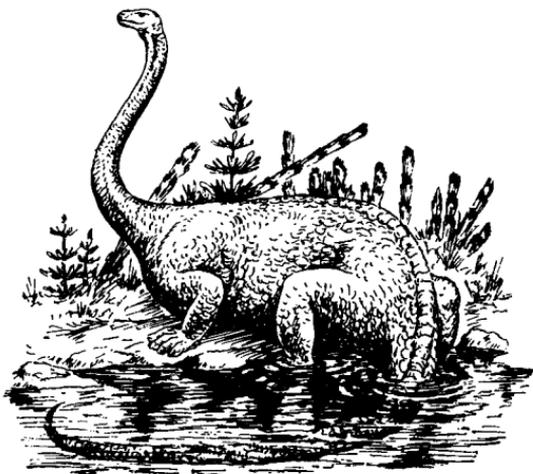


Рис. 21. Диплодок.

Но самая знаменитая ветвь мезозойских пресмыкающихся — динозавры, по-русски «ужасные ящеры». Известны два их типа: ящеротазовые и птицетазовые, которые появились в триасе и существовали до мела. В начале это были быстрые хищные двуногие величиной с пе-

туха. Но в юрский и меловой период пресмыкающиеся начали увеличиваться в размерах, и в меловое время появился гигантский игуанодон (рис. 20). К таким же крупным ящерам принадлежат бронтозавр длиной до двадцати метров, диплодок — свыше двадцати пяти метров (рис. 21) и брахиозавр, вес которого был не меньше тридцати тонн!

Среди птицетазовых известны лишь растительноядные. Утконосого динозавра можно назвать «пресмыкающимся танком» за крупные пластины панциря, защи-

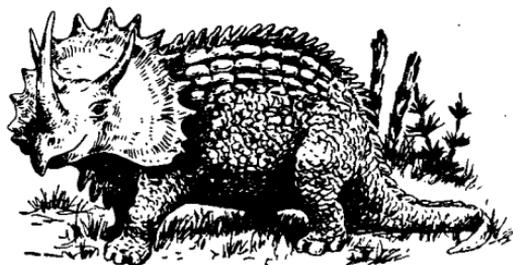


Рис. 22. Трицератопс.

щающие его от ящеротазовых хищников. Костные пластины вокруг головы и шеи, два рога над глазами и третий над носовой областью имел небольшой трицератопс (рис. 22).

Нельзя не упомянуть мезозойских рептилий, живших в морской воде, — плезиозавра и ихтиозавра. Плезиозавр (длиной до 14 метров) передвигался в воде при помощи ластообразных конечностей. Ихтиозавр или рыбащер плавал, быстро двигая хвостом; внешне он был похож на рыбу или кита с короткой шеей (рис. 23). Распространено предположение, что ихтиозавры были живородящими. Это как будто подтверждается находками скелетов детенышей в брюшной полости ископаемых взрослых ящеров.

В юрских сланцах превосходно сохранились отпечатки самого древнего вида птиц; видны даже отпечатки перьев. Археоптерикс — первоптица — была величиной с ворону, имела довольно слабые крылья, зубы и длинный хвост, перья на котором располагались двумя рядами, а не веером, как у современных птиц.

В меловых отложениях найдены останки двух других птиц — гесперорниса и ихтиорниса. Вторая птица была величиной с голубя, с зубами и хорошо развитыми крыльями. Современные беззубые птицы сформировались в раннем кайнозое.

Конец позднего мела ознаменовался небывалым изменением мира животных: вымерли ранее широко распространенные моллюски — иноцерамы, рудисты, аммо-

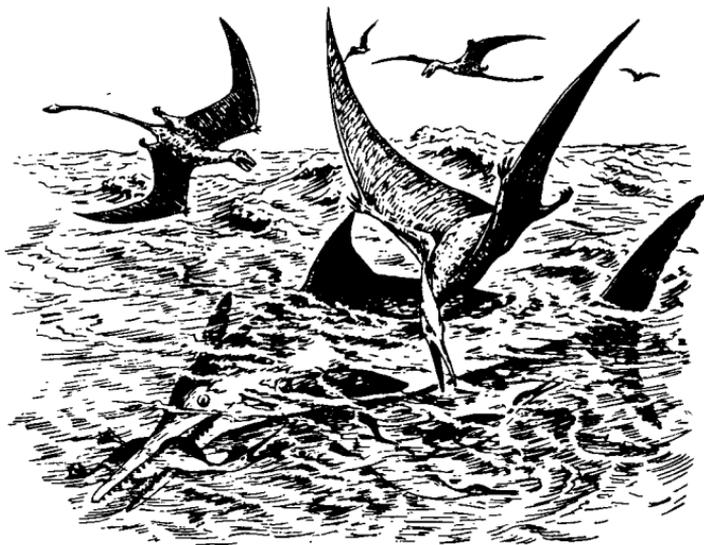


Рис. 23. Ихтиозавр охотится за гесперорнисами; в воздухе рамфоринхусы.

ниты, белемниты, а также морские и наземные ящеры. Последних сменили редкие и слабо развитые млекопитающие. Органический мир мезозойской эры не смог, как и в конце перми, приспособиться к большим переменам среды обитания, вызванным поздними фазами альпийского горообразования. Климат становился холоднее и суше, многие растения, служившие пищей ряду морских и сухопутных животных, исчезали. Кроме того, многие из пресмыкающихся были огромных размеров и настолько тяжелы, что не могли передвигаться по суше, когда высохли болота.

Ранний мезозой характеризовался сравнительным покоем земной коры. Химические процессы на ее поверхно-

сти и в недрах протекали весьма слабо. Это не создавало тех геохимических условий, которые бы благоприятствовали образованию полезных ископаемых. Но все резко изменилось в среднем и позднем мезозое, именно в юрский и меловой периоды. Земная кора пришла в движение, пробудились подкоровые магматические бассейны. В недра стали поступать расплавленные массы магмы, выделявшие в толщи слоев газовые соединения и горячие воды, богатые различными растворами. В подвижных участках коры создавались геохимические условия, необходимые для активизации подземной лаборатории.

На обширных же устойчивых платформах с начала юрского времени господствовал теплый, влажный, во многих местах безморозный климат. Здесь заработала наземная лаборатория: шли напряженные процессы химического выветривания. Они перерабатывали лежащие близ земной поверхности горные породы, обращая их в кору выветривания с ее минеральным сырьем высокого промышленного значения.

По берегам морей, на влажных низинах в умеренно теплом климате создавались наилучшие условия для угленакопления. То в наступавших на сушу, то в освобождавших ее мелких морях возникала своеобразная геохимическая обстановка, весьма благоприятная для отложения массы растительного и животного материала, который перерабатывался в дальнейшем в нефте-газовые залежи и горючие сланцы.

Все это предопределило большой промышленно-экономический потенциал юрской и меловой системы. Юрский период, например, был одним из основных периодов накопления осадочных железных руд, образования коры выветривания и бурых углей. В больших количествах эти полезные ископаемые находятся в СССР (на Южном Урале, Северном Кавказе, в районе города Липецка), в Англии, Франции, ГДР, ФРГ, Швейцарии.

Юра и частично ранний мел характеризуются также процессами угле- и нефтеобразования, благодаря чему возникли запасы этих полезных ископаемых в СССР (Кавказ, Туркмения, Таджикистан, Узбекистан, Казахстан, Восточный Урал, бассейны Кузнецкий, Канско-Ачинский, Черемховский, Ленско-Вилюйский, Амурско-Зейский), Китае, Индии, Индокитае, Австралии.

Оба эти периода были также временем образования так называемых агрономических руд, особенно фосфоритов, имеющих огромное значение в сельском хозяйстве как сырье для производства удобрений.

История геологического развития земной коры и образования рудных и нерудных полезных ископаемых изучена настолько основательно, что появилась возмож-



Рис. 24. Распределение полезных ископаемых по отдельным эпохам среднего и позднего палеозоя и мезозоя (по А. Б. Ронову и В. Е. Ханну).

ность относить их к отдельным эпохам палеозоя и мезозоя (рис. 24). Рисунок показывает, как велика роль умения читать историю земной коры для поисков, разведок и добычи руд, каменного угля, нефти, горючего газа, солей и т. д. Теперь можно предвидеть, в каких областях земного шара и в толщах горных пород каких геологических систем должен встретиться определенный комплекс промышленного минерального сырья. Это умение особенно важно для организаций, планирующих развитие нашего народного хозяйства на многие годы вперед.

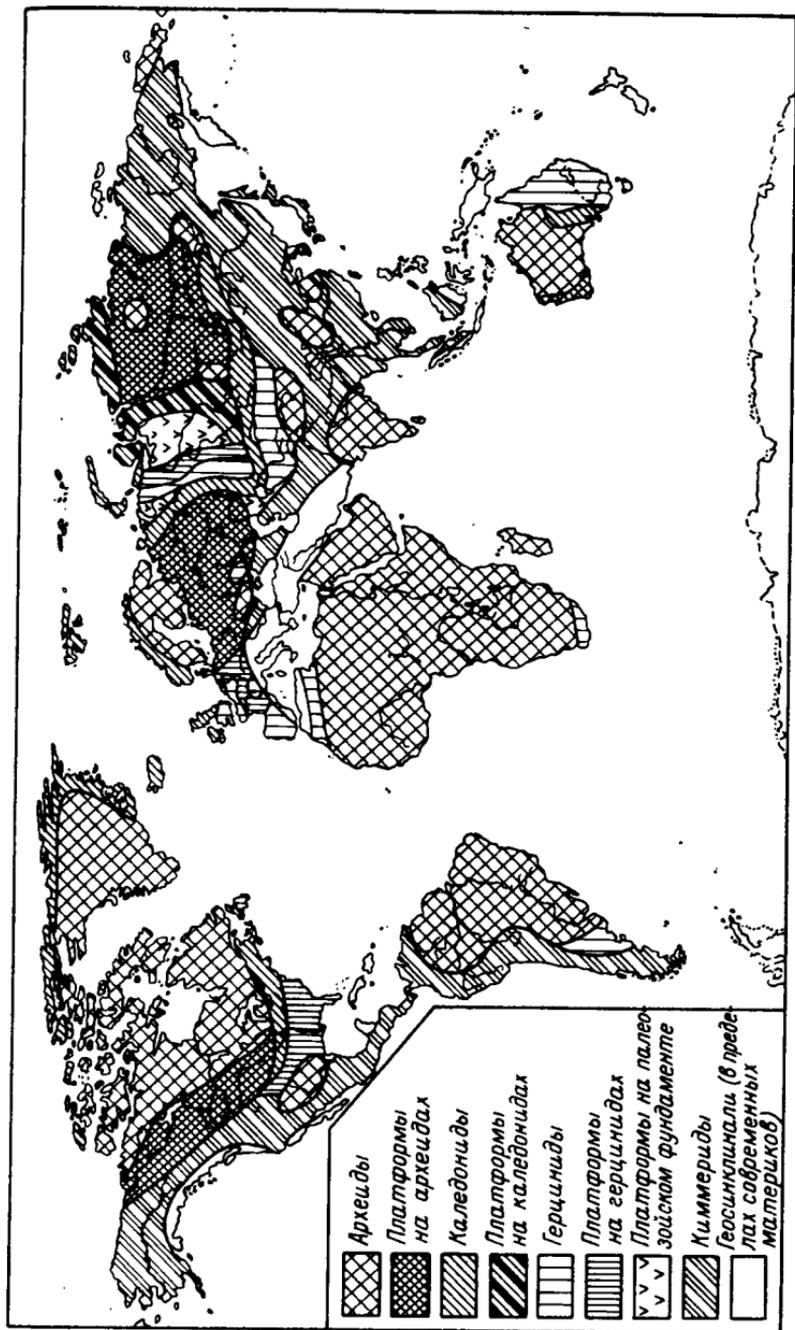


Рис. 25. Схема структурных элементов земной коры в конце мезозоя.

Разнообразные геологические события, протекавшие с разной интенсивностью в течение мезозойской эры, привели к еще более сложному строению земной коры, что хорошо видно из схематической карты (рис. 25).

ПОЗДНЯЯ ЭРА — КАЙНОЗОЯ

Кайнозойская, или новая, эра — последняя. Начавшись не менее семидесяти миллионов лет назад, она продолжается до сих пор. Эта эра пока в два с половиной раза короче мезозойской и в пять раз короче палеозойской. Горообразовательные циклы предыдущих эр в подвижных областях земной коры, покрывавшихся водой океанов, смяли породы, создав обширные цепи складчатых гор, пронизанных массой многократных внедрений магмы. Мощные сжатия при складкообразовании и действие высоких температур магмы превратили слои горных пород в твердые каменные массы, малоспособные к пластическим деформациям, но легко распадающиеся на глыбы под влиянием никогда не прекращающихся сжатий земной коры. Понятно, что наибольшей жесткостью обладали докембрийские кристаллические породы, испытавшие сжатия палеозойского и мезозойского горообразования, наименьшей — мезозойские.

Вертикальные движения глыб создавали в одних местах одноярусное строение земной коры, при котором на дневную поверхность выходили архейские кристаллические или сильно смятые в складки палеозойские породы, в других — многоярусное строение, где кристаллическая или складчатая основа оказывалась погруженной на разную глубину в недра земной коры и покрытой толщами почти ненарушенных слоистых отложений, чаще всего морских, реже наземных.

К началу кайнозоы обширнейшие площади, как можно видеть по карте (см. рис. 25), представляли собой жесткие платформенные поля, к которым прижимались на востоке Азии мощными и высокими цепями Верхоянско-Колымские и Приморские горы, а на западе обеих Америк — Кордильеры и Анды. Эти горные цепи обрамляли, возможно, только что заложившуюся грандиозную впадину Тихого океана объемом почти в один

миллиард кубических километров. Вдоль этих горных цепей заложилась новые подвижные участки земной коры, поверхность которых неоднократно менялась под влиянием мочуей кайнозойской складчатости.

Грандиозный объем Тихоокеанской впадины навел геолога-физика Пикеринга на мысль: не образовалась ли эта впадина за счет отрыва огромной массы нашей планеты, пошедшей на создание Луны? Ее удельный вес (плотность) равен 3,4, а Земли — 5,6. Следовательно, согласно гипотезе Пикеринга, отрыв произошел уже после распределения в пластичной еще массе Земли веществ по удельным весам. Во внутренних областях накопились более тяжелые соединения с удельным весом 11 и выше, вокруг которых возникали оболочки из все более легких материалов.

Органическая жизнь на Земле достигла высокого развития и огромного разнообразия. Кайнозойская эра — время млекопитающих, но с таким же правом ее можно назвать временем птиц или цветковых растений. Для кайнозоя одинаково характерно развитие всех этих организмов. Кайнозойская эра делится на три периода — палеогеновый, неогеновый и антропогеновый (четвертичный) — в зависимости от количества остатков современных представителей органического мира: в слоях палеогена их немного, в слоях неогена они составляют примерно половину органических остатков, и, наконец, в слоях антропогена мы встречаем только современные формы и в изобилии находим останки ископаемого человека.

Движения земной коры в мезозое вызвали поднятие больших площадей, что сопровождалось повсеместным отступлением моря и установлением более сурового континентального режима.

Приспособившись к суровой климатической обстановке и резким годовым колебаниям температуры, покрытосемянные растения в северном полушарии проникли далеко в высокие широты. Эта жизнеспособная в наступившей обстановке растительность всюду заменила угасшую мезозойскую, что отразилось на питании животных. Крупные пресмыкающиеся мезозоя, будучи высоко специализированными, не смогли преодолеть более сурового климата и изменившейся пищи и стали по-настоящему быстро вымирать. Влачившие же в мезозое

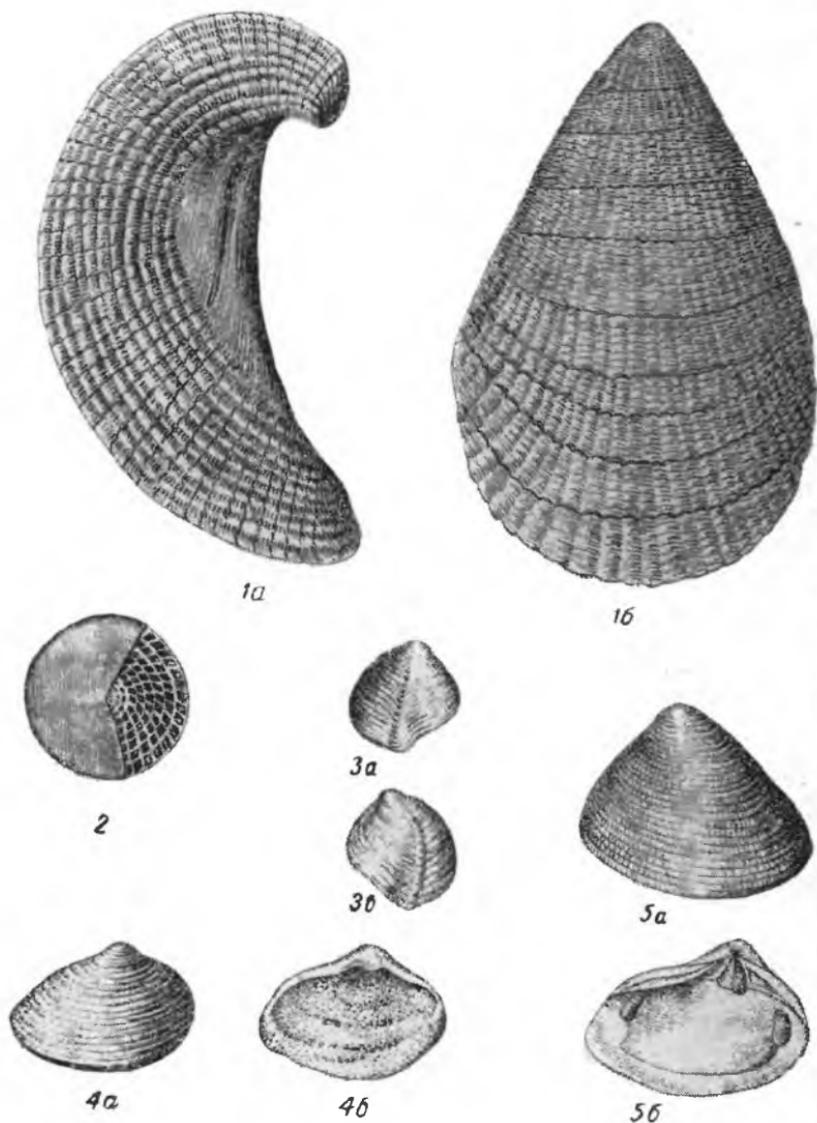


Рис. 26. Фауна палеогена и неогена.

1a, 6 — *Gruphaca esterhazyi* Pavay (Pg); 2 — *Nummulites laevigatus* Lam. (Pg);
 3a, 6 — *Cryptomactra pes-anseris* M-Eym. (N); 4a, 6 — *Cyrena semistriata*
 Desh. (Pg); 5a, 6 — *Mactra subcaspia* Andrus. (N).

жалкое существование млекопитающие начали быстро развиваться и достигли в кайнозойскую эру пышного расцвета. В конце неогена появились и предки человека.

Возникающие новые очертания береговых линий обусловили новые направления теплых и холодных течений, вследствие чего морской животный мир стал резко меняться. Среди беспозвоночных господство в морях перешло к пластинчатожаберным и брюхоногим моллюскам (рис. 26), среди позвоночных — к рыбам (акулам и костистым).

Несколько подробнее остановимся на истории млекопитающих и человека.

Древнейшие млекопитающие были яйцекладущими и сумчатыми животными. Современными представителями первых являются утконос и покрытая иглами ехидна, обитающие в Австралии. Там же живут сумчатые — кенгуру, сумчатый волк, детеныши которых рождаются недоразвитыми и в течение нескольких месяцев остаются в сумке на животе матери, где расположены сосцы. Сохранение до наших дней яйцекладущих и сумчатых в Австралии объясняется тем, что там до недавнего времени не было их конкурентов — плацентарных млекопитающих.

Ископаемые плацентарные из меловых отложений размерами не превышали нашей землеройки. Особенностью развития млекопитающих было увеличение относительной величины мозга, изменение строения зубов и ног.

В раннем палеогене появились первые хищники — креодонты. С течением времени развились и ныне живущие кошки, собаки, медведи, ласки, тюлени и моржи.

Травоядных млекопитающих иногда объединяют в одну группу — копытных. Сюда относятся коровы, овцы, верблюды, олени, жирафы, свиньи, гиппопотамы, лошади, зебры, тапиры и носороги (рис. 27).

Хорошо известна история развития мамонтов, мастодонтов и слонов (рис. 28).

Величайшим событием позднего кайнозоя — антропогенного (четвертичного) периода — справедливо считают появление и дальнейшую эволюцию человека. Вначале из богатой видами группы австралопитеков выделились питекантропы, позже — синантропы.

Австралоптек — ископаемая человекообразная обезьяна, череп которой был найден в Южной Африке в 1924 г. Предполагают, что это существо жило не на

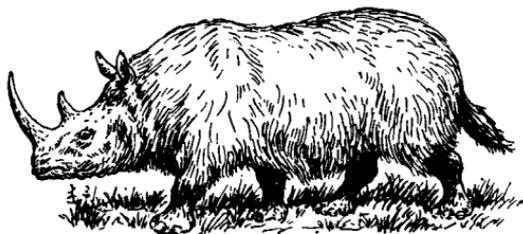


Рис. 27. Шерстистый носорог.

деревьях, а на земле и вымерло в начале четвертичного периода.

Питекантроп — древнейший ископаемый вид человека; останки найдены на острове Ява в 1891—1893 гг.

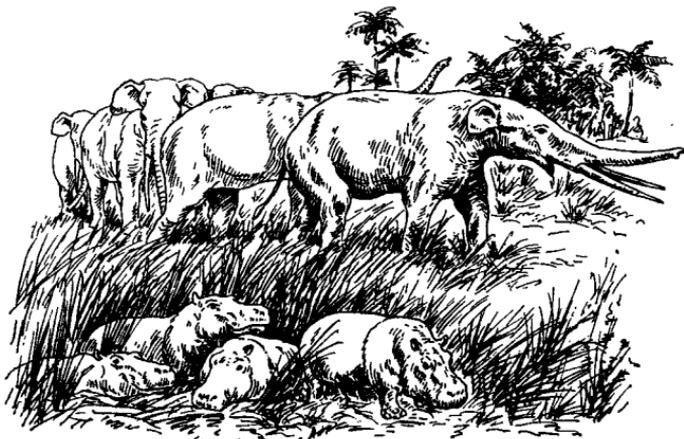


Рис. 28. Древние слоны и бегемоты.

Возможно, что он уже употреблял простейшие каменные орудия.

Синантроп, останки которого найдены недалеко от Пекина и описаны в 1927 г., имел сходство с питекантропом. Синантроп работал каменными орудиями и знал, как разводить огонь.

Дальше пошел в своем развитии неандерталец. Останки его были обнаружены в 1856 г. в долине Неандерталь около города Дюссельдорфа (ФРГ). Этот предшественник человека жил на широких пространствах Европы и Азии по соседству с областями, покрытыми материковым льдом. Естественно, климат был холодным, малоблагоприятным, но именно в этих труднейших условиях и начало формироваться человеческое общество (рис. 29).

Эти исключительные события в развитии органического мира произошли на фоне грандиозных и напряженнейших движений земной коры, вызванных циклом альпийского горообразования. Восходящие и нисходящие движения вновь подняли размытые и выровненные докембрийские и палеозойские горы и превратили их в холмистые плато, лежащие на разных, иногда значительных, высотах, чем и объясняется наличие в современных горах больших равнинных площадей.

Глыбовые движения в колебательной форме сказались на платформах, которые испытывали то наступление, то отступление моря. Эти движения временами разъединяли разные части Северного материка (Макролавренции) и Южного (Гондваны); наземные млекопитающие то получали возможность свободно расселяться на обширных пространствах, то, наоборот, оказывались изолированными на ограниченных морями территориях.

Воздвигнутые в мезозое основы Альп, Карпат, Большого Кавказа, Кордильер, Анд, Гималаев, Верхоянско-Колымских и Приморских гор были подняты еще выше и как бы более оформлены. Особенно грандиозны были горные цепи на восточном и западном побережье Тихого океана. Протягиваясь меридионально, они не препятствовали свободному обмену тропических и полярных воздушных масс. Тепловое состояние их выравнивалось, и климат, особенно в палеогеновые времена, был теплым и влажным. Теплолюбивая растительность с берегов Средиземного моря расселялась далеко на север — в Гренландию, Шпицберген, Сибирь, где в слоях горных пород тех эпох найдено немало ископаемых остатков бука, вяза, дуба, ореха; на Аляске были найдены даже отпечатки листьев магнолий и фиговых деревьев.

Огромное количество растительной массы послужило исходным материалом для образования угленосных залежей в Северной Америке, Восточной Азии, Индокитае и

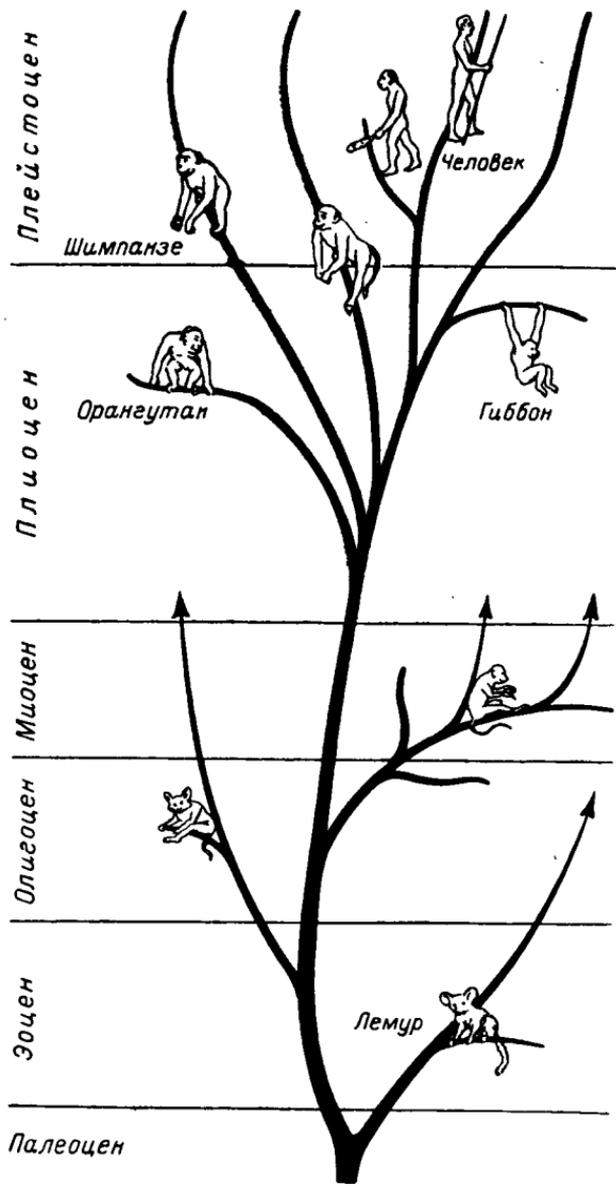


Рис. 29. Предки

Австралии. Это была третья эпоха углеобразования (первая — каменноугольная и пермская, вторая — юрская и меловая). Соленосные и гипсоносные отложения в США, Египте и Монголии указывают, что в тех местах были небольшие пустынные области.

Однако в целом на земном шаре установилась климатическая зональность, близкая к современной; оттеснение в позднем палеогене вечнозеленой растительности на юг явно говорит о начавшемся похолодании.

Неоген был также периодом продолжавшихся мощных движений блоков земной коры альпийского цикла — больших поднятий, возродивших все сnivelированные



Неандерталец



Кроманьонец



Питекантроп



Синантроп

человека.

размывом горы древних складкообразовательных циклов. Приобрели свои современные очертания такие колоссы, как Альпы, Апеннины, Атлас, Динариды, Карпаты, Балканы, Кавказ, величайшие хребты — Гиндукуш, Каракорум, Гималаи, сходящиеся в Памирском узле, Тянь-Шань, Алтай, Куэнь-Лунь, Саяны. Возникли цепи островов Зондских, Молуккских, Новогвинейских, Новозеландских, Филиппинских, Рюкю, Японских, Курильских, Алеутских. Еще более высоко поднялись Кордильеры и Анды с их продолжением на юг в виде островов Южной Георгии, Южных Сандвичевых, Южных Оркнейских, Южных Шетландских, Земли Грейама и Антарктического материка.

В то же время другие крупные участки земной коры опускались, формируя океаны и внутриматериковые моря — Средиземное, Адриатическое, Черное, Каспийское, Восточно-Китайское, Южно-Китайское, Японское, Охотское и другие. Приведем для примера схемы, показывающие историю Черного моря в кайнозой (рис. 30).

После альпийского горообразования земная кора приобрела современное строение (рис. 31).

В течение кайнозоя, как и прежде, движения земной коры, внедрения магмы, изменения очертаний береговых линий, ход климатических колебаний и другие процессы создавали в природных лабораториях Земли для каждой эпохи совершенно определенную своеобразную геохимическую обстановку. В недрах Земли и на ее поверхности возникали комплексы полезных ископаемых — продукты геологических процессов.

Из таящихся в толщах палеогеновых и неогеновых отложений минеральных запасов на первое место надо поставить нефть и горючий газ. Промышленные залежи их широко известны в СССР (на Северном Кавказе, в Карпатах, Туркмении, на Сахалине), в Австрии, Венгрии, Румынии, Иране, Саудовской Аравии, Ираке, Бирме, Малайе, Японии, США, Венесуэле, Колумбии и Аргентине.

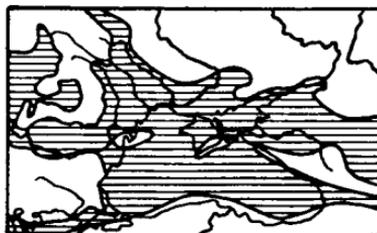
Затем следуют бурые угли — СССР (Украина, Закавказье, Мангышлак); железные руды осадочного происхождения — СССР (Арало-Тургайская низменность, Керченский полуостров); бокситы — СССР (Украина), США, Индия; фосфориты — Тунис, Алжир, Марокко.



1. Черноморский бассейн в олигоцене



2. Черноморский бассейн в среднем миоцене (Караганское озеро)



3. Черноморский бассейн в верхнем миоцене (Сарматское озеро)



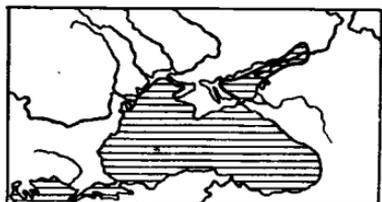
4. Черноморский бассейн в нижнем плицене (Понтическое озеро)



5. Черноморский бассейн в самом начале четвертичного периода (Чаудинское озеро)



6. Черноморский бассейн в начале четвертичного периода (Древневксинское озеро)



7. Черноморский бассейн в середине четвертичного периода (Караганское море)



8. Черноморский бассейн в конце четвертичного периода (Новоевксинское озеро)

Рис. 30. История Черного моря в кайнозое.

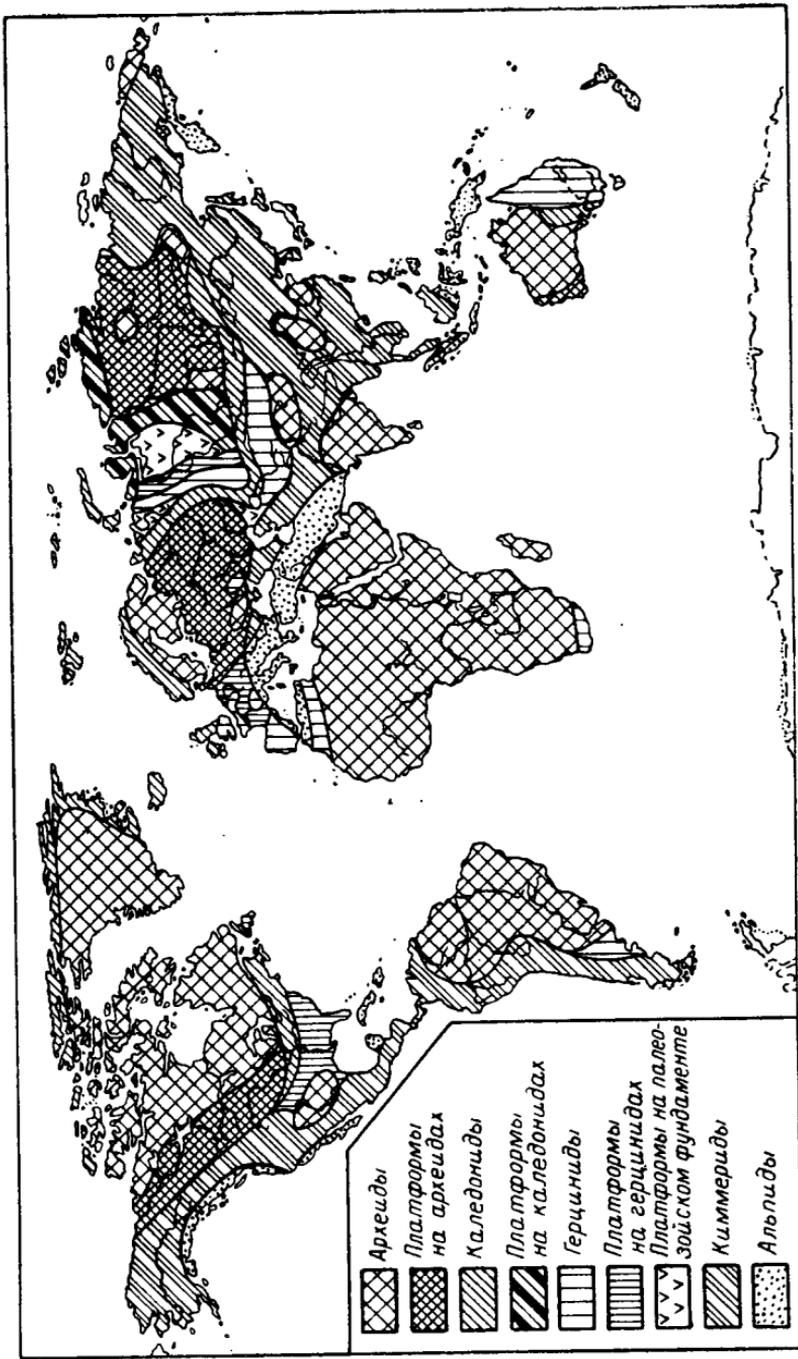


Рис. 31. Схема структурных элементов земной коры после альпийского горообразования.

В молодых складчатых горных хребтах открыты значительные месторождения медных, мышьяковых, свинцовых, цинковых, сурьмяных, ртутных руд: Кавказ, Кордильеры, Анды. Характерно преобладание свинцовых, цинковых, сурьмяных и других руд с низкой температурой плавления. Такие руды накапливаются подалеже от порождающих их магматических очагов и поближе к земной поверхности. Богатые залежи их обычны в молодых складчатых горах, еще не претерпевших глубокого размыва и, следовательно, уноса названных руд. Наличие их указывает на возможность залегания на больших глубинах металлических руд с более высокой температурой плавления: железных, медных, редкометалльных.

Вся геологическая история Земли кратко изложена в табл. 3.

* * *

*

Прочтя историю земной коры за необъятный отрезок времени (более чем три миллиарда лет), геологи точно установили, что горообразование, происходящее в геосинклинальных зонах, является основным фактором создания геологического строения (тектоники) недр земной коры, устройства ее поверхности, рельефа. С горообразовательными эпохами связаны все известные типы полезных ископаемых — рудных, нерудных, энергетических, химических, все течения разнообразных процессов в глубинах и на поверхности Земли, обуславливающих ту или другую геохимическую обстановку.

Все существующие ныне горы образованы в разные времена: в архейско-протерозойские — архейды (на Скандинавском полуострове, в Канаде, Бразилии, Центральной Африке), в позднепротерозойские — байкалиды; в раннепалеозойские — каледониды (Тиманские, Саянские, частично Уральские, Казахстанские, Алтайские, Тянь-Шаньские, Шотландские); в позднепалеозойские — герциниды (Уральские, Тянь-Шаньские, Алтайские, Судетские и другие центральноевропейские горы); в мезозойские — тихоокеаниды или киммериды (Верхоянско-Колымские, Кордильеры, Анды, частично Кавказские, Крымские, Карпатские, Альпийские); в кайнозойские — альпиды.

ТАБЛИЦА 3
Летопись событий геологической истории земной коры

Эра (группа)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Геологические события	Развитие растений	Развитие животных	Сформировавшиеся полезные ископаемые
Кайнозой (Kz)	Четвертичный (Q)	Современная	Конiec последнего оледенения. Климат теплый	Упадок древесных форм, расцвет травянистых	Эпоха человека	Кирпичные глины, гравий, песок, булыжник, торф, россыпные месторождения золота, платины, шеелига, вольфрама, касситерита, алмаза, моissanита, рубина, изумруда, бобовые железные руды
		Ранняя	Четыре ледниковые эпохи	Вымирание многих видов растений	Вымирание крупных млекопитающих. Зарядка человеческого общества	
Неогеновый (N)	Поздняя	Поздняя	Повсеместное поднятие гор. Вулканическая активность. Обособление морей Средиземного, Черного, Каспийского, Аральского	Упадок лесов. Распространение лугов, цветковых растений. Развитие однодольных	Возникновение человека от человекообразных обезьян. Распространение слонов, лошадей, верблюдов, сходных с современными	Бурые угли, нефть, янтарь, каменная соль, осадочные бурые железняки, каменные строительные материалы
		Ранняя	Подняtie Альп, Карпат, Кавказа, Копетдага, Тянь-Шаня, Памира, Камчатки, Сьерра-Невады, Каскадных гор		Высший расцвет млекопитающих. Появление человекообразных обезьян	

Каньон (Kz)	Поздняя	Низменности на материках. Климат теплый. Моря — как в среднюю эпоху	Широкое распространение лесов, цветковых растений, особенно однопольных. Третий период углекислоты	Вымирание древнейших млекопитающих. Появление предшественников живущих ныне млекопитающих. Начало антропоидов	
	Средняя	Мощная складчатость Альп, Копетдага, Малого Кавказа, Карпат. Разрыв существовавших гор. Внутриконтинентальные моря. Вулканизм		Разнообразные плацентарные млекопитающие. Расцвет копытных и хищников	Кора выветривания. Бурые угли, нефть, горючие сланцы, фосфориты, каменная соль, осадочные руды марганца, железа, алюминия (бокситы); каменные строительные материалы: известняки, трепел, белые глины
Мезозон (Mz)	Поздняя	Формирование основ мезозойских гор: Альп, Крыма, Кавказа, Копетдага, Памира, Гималаев, Верхоянско-Колымских, Дальневосточных, Анд, Кордильер	Первичные однодольные. Первые дубовые и кленовые леса. Угасание хвойных	Высшее развитие и вымирание динозавров, зубатых птиц. Появление современных птиц и древнейших млекопитающих	Уголь, нефть, горючие сланцы, фосфориты, белый пишущий мел; руды олова, мышьяка, сурьмы, золота, серебра, меди, свинца, киновары
Меловон (Cr)	Ранняя				

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 3

Эра (группа) Период (схема)	Эпоха (отдел)	Геологические события	Развитие растений	Развитие животных	Сформировавшиеся полезные ископаемые
Мезозой (Mz) Юрский (J)	Поздняя	Напряженнейшие фазы мезозойского горообразования на месте океанов Тетис, Восточноазиатского и Западноамериканского. Мощная складчатость и грандиозные разломы палеозойских материков. Излияние и внедрение магмы в толщу земной коры. Заложение современных океанов: Атлантического, Тихого (?), Индийского. Климат теплый, влажный. Мелкие моря на погруженных частях Европы и Северной Америки	Широкое распространение хвойных, мезозойских папоротников, хвощей, плаунов. Вторичный период углекислотной фиксации	Появление зубатых птиц, крупных динозавров, сумчатых	Кора выветривания с природно - обогащенной Ni и Сг железной рудой. Каменные угли, нефть, горючие сланцы, фосфориты
	Средняя				
	Ранняя				
Триасовый (T)	Поздняя	Поднятые материков над уровнем моря. Отступление морей. Накопление в низинах материков наземных осадочных пород в обстановке пустынного климата	Распространение хвойных, клоновидных к усадку. Вымирание семенных папоротников	Появление первых динозавров, птерозавров и яйцекладущих млекопитающих. Угасание примитивных земноводных	Каменная соль; в значительных количествах нефть, уголь
	Средняя				
	Ранняя				

Герцинское (уральское) горообразование

		Верхняя палеозой (P ₂)		
		Лермский (P)		
Поздняя	<p>Заключительные фазы герцинского горообразования. Формирование пыльных лесов древетных, Астурийских, Судетских, Казахских, Уральских, Южных Тянь-Шаньских и Новоземельских гор. Образование материка Макроаврентика (Североатлантиче-ско-Ангарского). Повсеместное отступление морей. Климат засушливый, пустынный. В южном полушарии материковое оледенение</p>	<p>Угасание когда-то непроходимых, пыльных лесов древетных, Астурийских, Судетских, Казахских, Уральских, Южных Тянь-Шаньских и Новоземельских гор. Образование материка Макроаврентика (Североатлантиче-ско-Ангарского). Повсеместное отступление морей. Климат засушливый, пустынный. В южном полушарии материковое оледенение</p>	<p>Вымирание многих животных, процветавших в течение палеозойской эры. Зарождение насекомых и звероподобных ящеров</p>	<p>Мошны запасы каменных и калийных солей. Гипс, уголь, нефть, горючий газ</p>
Поздняя	<p>Значительный размыв каледонских гор, снижение уровня материка. Образование внутренних материковых и прибрежных обширных болот, в которых накапливались громадные массы растительности</p>	<p>Расцвет лесов семенных папоротников и хвойных. Первый период углекислотной дефлорации</p>	<p>Расцвет морских беспозвоночных, особенно лилий и брахиопод. Распространение акул</p>	<p>Обилие каменного угля и нефти. Медные, мышьяковые, сурьмяные, оловянно-вольфрамовые, серебросвинцовые и цинковые руды</p>
Средняя				

Эра (группа)	Период (система)	Эпоха (отдела)	Геологические события	Развитие растений	Развитие животных	Сформировавшиеся полезные ископаемые
Верхний палеозой (Pz ₂)	Каменноугольный (C)	Ранняя	Могучие движения земной коры начальных фаз герцинского горообразования. Возникновение основы будущих горных цепей, вполне сложившихся в пермский период. Поднятие материков. Климат вначале теплый и влажный, потом прохладный	Господство папоротников и плаунов. Все более широкое распространение хвойных	Появление пресмыкающихся (рептилий). Распространение древних земноводных (амфибий), насекомых	Драгоценные и полудрагоценные камни: топаз, авантюрин, изумруд, аметисты, турмалин, рубин, сапфир, горный хрусталь
		Поздняя	В связи с заключительными фазами каледонского горообразования повсеместное поднятие древних материков и отступление морей. Климат засушливый	Появление настоящих лесов, кустарников и хвойных	В морях изобилие акул и двоякодышащих рыб. Появление земноводных (амфибий)	Кора выветривания. Нефть, горючий газ, соли, рассолы и минеральные лечебные воды, боровые железные руды
		Средняя				
Девонский (D)	Девонский (D)	Ранняя				

Каледонское (саянское) горообразование

		Нижний палеозой (P ₂₁)		
Поздняя	Заключительные фазы каледонского горообразования. Формирование Саянских, Алтайских, Северо - Тянь - Шаньских, Норвежско-Шотландских гор, западной части Урала, восточной части Аппалачей. Поднятие древних материков: Северной Атлантиды, Ангариды и Гондваны. Осушение низменностей. Образование значительных внутриматериковых морей. Климат теплый	Первые достоверные следы наземных растений. В водах господствуют водоросли	Господство морских беспозвоночных. Развитие рыб	
		Ранняя	Руды железные, медные, хромитовые, золотые, молибденовые, вольфрамовые, ванадиевые. Фосфориты, горючие сланцы, нефть (?)	
Поздняя	Погружение обширных материковых пространств и новое поднятие их к концу периода в связи с каледонским горообразованием. Мощный вулканизм. Климат теплый	Предположительное появление первых наземных растений. Обилие морских водорослей	В морях множество кораллов, брахиопод, трилобитов и различных моллюсков. Предположительное появление первых рыб в пресной воде	
				Орловский (O)
				Средняя
Ранняя				

Эпоха (отдел)	Геологические события	Развитие растений	Развитие животных	Сформировавшиеся полезные ископаемые
Поздняя	Понижение материков и широкое затопление их морями. В подвижных областях начало каледонского горообразования, заложившее основы гор и материков, сформировавшихся в конце силура. Климат умеренный	Морские водоросли, создавшие пласти известняков, особенно на Сибирской платформе	В морях раннее развитие различных беспозвоночных, особенно брахиопод и трилобитов	Бокситы, фосфориты, осадочные руды марганца и железа. Каменная соль, гипс; строительные камни, особенно водорослевые известняки
Средняя				
Ранняя				
Эра (группа)	Период (система)	Второе великое горообразование		
Поздняя	Завершение древнейшего горообразования			
Средняя	Создание кристаллической оболочки земной коры. Обнажение верхов коры в области щитов, сильных разрыв и ветвистая коры. Значительный вулканизм. Многократные оледенения			
Ранняя	Создание кристаллической оболочки земной коры. Обнажение верхов коры в области щитов, сильных разрыв и ветвистая коры. Значительный вулканизм. Многократные оледенения			
Эра (группа) (P1)	Период (система) (P1)	Второе великое горообразование		
Поздняя	Завершение древнейшего горообразования			
Ранняя	Создание кристаллической оболочки земной коры. Обнажение верхов коры в области щитов, сильных разрыв и ветвистая коры. Значительный вулканизм. Многократные оледенения			

Второе великое горообразование

Поздняя	В морях распространение примитивных водорослей, местами созданных мощными известняками	Распространение простейших морских беспозвоночных. В конце эры появление моллюсков, червей и других беспозвоночных	Кора выветривания. Неисчерпаемые запасы железных руд. Руды марганца, меди, молибдена, вольфрама, ванадия. Графит, нефрит, нефритовые драгоценные камни: алмаз, изумруд, александрит и др. Высокоглиноземистое сырье
Средняя	Создание кристаллической оболочки земной коры. Обнажение верхов коры в области щитов, сильных разрыв и ветвистая коры. Значительный вулканизм. Многократные оледенения	В морях распространение примитивных водорослей, местами созданных мощными известняками	Кора выветривания. Неисчерпаемые запасы железных руд. Руды марганца, меди, молибдена, вольфрама, ванадия. Графит, нефрит, нефритовые драгоценные камни: алмаз, изумруд, александрит и др. Высокоглиноземистое сырье
Ранняя	Создание кристаллической оболочки земной коры. Обнажение верхов коры в области щитов, сильных разрыв и ветвистая коры. Значительный вулканизм. Многократные оледенения	В морях распространение примитивных водорослей, местами созданных мощными известняками	Кора выветривания. Неисчерпаемые запасы железных руд. Руды марганца, меди, молибдена, вольфрама, ванадия. Графит, нефрит, нефритовые драгоценные камни: алмаз, изумруд, александрит и др. Высокоглиноземистое сырье

Первое великое горообразование

Первое мощное древнейшее горообразование, заложившее существовавшую ныне кристаллическую оболочку земной коры. Напряженнейший вулканизм и метаморфизм

Отсутствие в породах остатков растений, на существование которых указывают косвенно

Те же, что и в протерозое. Ценнейшие высококачественные строительные камни, особенно гранит, мрамор и многие другие

Но каждая горная страна любого возраста подвергалась разрушению под действием воды и ветра, превращаясь в холмистое, нередко не очень высокое плато или даже почти равнину. Непрерывно текущие движения блоков земной коры разбивали такое плато, и часть его опускалась ниже уровня моря, а другая невысоко поднималась над ним в виде скалистой гряды со срезанными эрозией складками горных пород и внедрившимися магматическими жилами с сопутствующими им рудными полезными ископаемыми. Погрузившаяся часть постепенно покрывалась морскими осадками — слоями песков, илов и т. д. В толще образовывавшихся пород формировались залежи агроруд, различных солей, нефти, природного горючего газа, иногда железистых кварцитов, медистых сланцев.

Так создавались платформы с их щитами и плитами.

Незадолго до четвертичного периода горы всех складкообразовательных циклов, кроме кайнозойских, представляли собой платформы. Плиты были равнинами, а складчатые сооружения — невысокими сильно размытыми плато. Но вот в поздний неоген начался новый грандиозный неотектогенетический цикл, который заключался в основном в повсеместных вертикальных движениях земной коры — восходящих и нисходящих. Платформы как бы ожили, особенно их щитовые, складчатые платообразные полосы. Они стали подниматься и вновь приобретать формы гор, причем наиболее высокими оказывались более молодые. Например, палеозойский Урал поднялся максимум до тысячи с небольшим метров над уровнем моря, а мезозойско-кайнозойский Кавказ достиг в высоту трех, четырех и даже пяти километров. Но были и исключения: палеозойский Тянь-Шань поднялся до шести-семи, в отдельных местах до восьми километров.

Таким образом, основа современных гор была разновозрастной, но, перейдя платформенное состояние, они все вновь поднялись, как бы восстановились, регенерировали за один неотектогенетический цикл, продолжая и ныне совершать восходящие движения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За послевоенные годы геологи во многом уточнили стратиграфические колонки самых различных местностей СССР, подробно изучили многочисленные окаменелости из слоев всех геологических систем, тонко исследовали вещественный, или, как говорят, литологический, состав слоев, содержащих окаменелости. Эти упорные и многолетние работы дали возможность с гораздо большей надежностью и точностью прочитать историю земной коры разных областей и районов нашей родины, восстановить физико-географическую обстановку и последовательный ход геохимических процессов в те или другие определенные геологические эпохи. На анализе таких реконструкций былого строятся предположения о возможности накопления в разных по времени образования пластах соответствующих полезных ископаемых и их комплексов. Отсюда делают предсказания, прогнозы: в каких районах, на каких глубинах и в пластах какой системы следует разведывать, искать и добывать руду, уголь, нефть, горючий газ, соль. Сопоставляя и сравнивая различные месторождения, а также условия их образования, геологи выявляют закономерности формирования полезных ископаемых и приуроченность их к определенным стратиграфическим комплексам.

Министр геологии СССР А. В. Сидоренко, перечисляя шесть фундаментальных геологических наук, называет среди них стратиграфию, т. е. раздел исторической геологии.

«На основе этих наук развивается все многообразие научных представлений о земной коре... По-прежнему развитие этих фундаментальных наук имеет первостепенное значение для геологической службы.

Ныне, когда идет дифференциация наук, когда появляются новые научные направления, одно из важнейших условий — гармоничное развитие комплекса геологических наук, который должен строиться прежде всего на фундаментальной основе естественно-исторической геологии»*.

* А. В. Сидоренко. Некоторые вопросы развития петрографии. Изв. АН СССР, 1970. Сер. геол., № 4.

Далее читаем, что «добыча полезных ископаемых с 1950 по 1969 г., т. е. за последние 18 лет, возросла следующим образом: железных руд в 6, марганцовых — в 3, хромитов — в 5, угля — в 2,3, нефти — в 8, природного горючего газа — в 35, апатита — в 10 раз».

Это результат упорного исследования геологического строения земной коры и истории ее развития. Связь такого исследования с открытием залежей полезных ископаемых с особенной яркостью вскрывается на примере нефтегазоносных месторождений. Огромные площади Русской равнины и Западно-Сибирской низменности оказались территориями с грандиозными нефтяными и газовыми бассейнами, лежащими на глубинах от нескольких сотен до двух-трех тысяч метров. Их открыли геологистратиграфы, за последние два-три десятка лет прочитавшие историю пород пермской, каменноугольной и девонской системы, а также систем мезозойской группы, слагающих в этих местах земную кору. Такие полупустынные районы с засоленными почвами и частыми неурожаями, как Нижнее Поволжье, долго считались «краями без будущего». Ныне здесь десятки буровых скважин качают огромное количество нефти и природного горючего газа. На глазах покрываются промышленными буровыми скважинами труднопроходимые и до последнего времени совершенно ненаселенные болотистые пространства Западно-Сибирской низменности.

Направляя геологопоисковые работы, надо помнить, что неглубокие рудные залежи почти исчерпаны. Геологи должны проникнуть на возможно большие глубины, чтобы прочесть строение глубоких пластов и историю их развития, установить последовательность геохимических и физико-географических процессов, которые протекали в них в течение определенных геологических периодов и эпох.

На ближайшее пятилетие наше народное хозяйство ставит перед геологами задачу: создать новые базы железорудной промышленности в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. В программе работ геологов намечается переоценка запасов титана, полиметаллов, меди, бокситов Полярного и Северного Урала, Тиманского кряжа. По обе стороны этих горных сооружений выявлено наличие нефтяных и газовых месторожде-

ний. Территория знаменитой КМА также привлечет к себе внимание.

Перед геологами разных специальностей встают грандиозные в научном и народнохозяйственном отношении задачи. Они не могут быть эффективно разрешены без широкого историко-геологического изучения земной коры в пределах нашей огромной страны, занимающей 22,4 миллиона квадратных километров суши.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Историческая геология _____	3
Документы истории земной коры _____	4
Летосчисление Земли, или геохронология _____	6
Способы чтения истории земной коры и восстановления геологических событий прошлого _____	12
Древнейшая эра истории земной коры — архей и протерозой _____	21
Древняя эра — палеозой _____	32
Средняя эра — мезозой _____	51
Поздняя эра — кайнозой _____	64
Заключение _____	85

