

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Брасовский промышленно-экономический техникум

Е.Г. Чапурина

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ И ГЕОМОРФОЛОГИИ

Учебное пособие по изучению дисциплины

Брянская область 2015

УДК 372.855
ББК 74.57
Ч 19

Чапурина, Е.Г. **Основы геологии и геоморфологии**: учебное пособие по изучению дисциплины / Е.Г. Чапурина. – Локоть: Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015.- 38 с.

Учебное пособие по изучению дисциплины соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 21.02.04 «Землеустройство» и предназначено для освоения студентами учебной дисциплины «Основы геологии и геоморфологии». Лаконичное и четкое изложение материала, продуманный отбор необходимых тем позволяют быстро и качественно подготовиться к урокам и экзаменам по данной учебной дисциплине.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 21.02.04 Землеустройство

Рецензенты:

Астахова О.М., преподаватель технических дисциплин (Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Другова Г.Е., методист (Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Рекомендовано к изданию решением учебно-методическим советом филиала ФГБОУ ВО «Брянский аграрный университет» - Брасовский промышленно-экономический техникум от 25.05.2015 года, протокол № 5.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015
© Чапурина Е.Г., 2015

Содержание:	стр.
Раздел 1. Основы геологии	
Тема 1.1. Геологическое строение и возраст горных пород.....	4
Тема 1.2. Минералы горных пород.....	7
Тема 1.3. Горные породы и процессы в них.....	13
Тема 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы.....	19
Раздел 2. Основы геоморфологии и гидрогеологии.	
Тема 2.1. Общие сведения о геоморфологии.....	23
Тема 2.2. Общие сведения о подземных водах.....	33
Перечень рекомендуемой литературы.....	37

Раздел 1. Основы геологии

Тема 1.1. Геологическое строение и возраст горных пород

Внутреннее ядро, предположительно, имеет диаметр 2600 км и состоит из чистого железа или никеля, внешнее ядро толщиной 2250 км из расплавленного железа или никеля, мантия около 2900 км толщиной состоит преимущественно из твердых горных пород, отделенная от земной коры поверхностью Мохоровича. Кора и верхний слой мантии образуют 12 основных подвижных блоки, некоторые из них несут континенты. Плато постоянно медленно движутся, это движение называется тектоническим дрейфом. Внутреннее строение и состав «твердой» Земли. Земля состоит из трех основных геосфер: земной коры, мантии и ядра, которое, в свою очередь, делится на ряд слоев. Вещество этих геосфер разная по физическим свойствам, состоянием и минералогическим составом. В зависимости от величины скоростей сейсмических волн и характера их изменения с глубиной «твердую» Землю делят на восемь сейсмических слоев: А, В, С, D', D'', Е, F и G. Кроме того, в Земле выделяют особо прочный слой литосферу и следующий, размягченный слой - астеносферу Шар А, или земная кора, имеет переменную толщину (в континентальной области - 33 км, в океанической - 6 км, в среднем - 18 км). Под горами кора утолщается, в рифтовых долинах срединно-океанических хребтов почти исчезает. На нижней границе земной коры, - поверхности Мохоровича, - скорости сейсмических волн возрастают скачкообразно, что связано преимущественно с изменением вещественного состава с глубиной, переходом от гранитов и базальтов в ультраосновных горных пород верхней мантии. Слои В, С, D', D'' входят в мантию. Слои Е, F и G образуют ядро Земли радиусом 3486 км. На границе с ядром (поверхности Гутенберга) скорость продольных волн резко уменьшается на 30%, а поперечные волны исчезают, что означает, что внешнее ядро (слой Е, тянется до глубины 4980 км) жидкое. Ниже переходного слоя F (4980-5120 км) находится твердое внутреннее ядро (слой G), в котором вновь распространяются поперечные волны. В твердой земной коре преобладают такие химические элементы: кислород (47,0%), кремний (29,0%), алюминий (8,05%), железо (4,65%), кальций (2,96%), натрий (2,5%), магний (1,87%), калий (2,5%), титан (0,45%), которые в сумме составляют 98,98%. Наиболее редкие элементы: Ро (примерно 2.10⁻¹⁴ %), Ra (2.10⁻¹⁰ %), Re (7.10⁻⁸ %), Au (4,3 · 10⁻⁷ %), Vi (9 · 10⁻⁷ %) и т.д. В результате магматических, метаморфических, тектонических процессов и процессов осадкообразования земная кора резко дифференцирована, в ней протекают сложные процессы концентрации и рассеяния химических элементов, приводящих к образованию различных типов пород. Считают, что верхняя мантия по составу близка к ультраосновным породам, в которых преобладает O

(42,5%), Mg (25,9%), Si (19,0%) и Fe (9,85%). В минеральном отношении здесь царит оливин, меньше пироксенов. Нижнюю мантию считают аналогом каменных метеоритов (хондритов). Ядро Земли по составу аналогичное железным метеоритам и содержит примерно 80% Fe, 9% Ni, 0,6% Co. На основе метеоритной модели рассчитан средний состав Земли, в котором преобладает Fe (35%), Al (30%), Si (15%) и Mg (13%). Температура является одной из важнейших характеристик земных недр, позволяющих объяснить состояние вещества в различных слоях и построить общую картину глобальных процессов. По измерениям в скважинах температура на первых километрах нарастает с глубиной с градиентом $20\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{км}$. На глубине 100 км, где находятся первичные очаги вулканов, средняя температура чуть ниже температуры плавления горных пород и равна $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом под океанами на глубине 100-200 км температура выше, чем во континентах, на $100\text{-}200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Скачок плотности вещества в слое С на глубине 420 км соответствует давлению $1,4 \cdot 10^{10}$ Па и отождествляется с фазовым переходом в оливин, который происходит при температуре примерно $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. На границе с ядром при давлении $1,4 \cdot 10^{11}$ Па и температуре порядка $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$ силикаты находятся в твердом состоянии, а железо в жидком. В переходном слое F, где железо затвердевает, температура может быть $5000\text{ }^{\circ}\text{C}$, в центре Земли - $5000\text{-}6000\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е., адекватная температуре Солнца. Атмосфера Земли, общая масса которой $5,15 \cdot 10^{15}$ т, состоит из воздуха - смеси в основном азота (78,08%) и кислорода (20,95%), 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа, остальное - это водяной пар, а также инертные и другие газы. Максимальная температура поверхности суши $57\text{-}58\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в тропических пустынях Африки и Северной Америки), минимальная - около $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в центральных районах Антарктиды). Атмосфера Земли защищает все живое от губительного воздействия космического излучения. Химический состав атмосферы Земли: 78,1% - азот, 20 - кислород, 0,9 - аргон, остальные - углекислый газ, водяной пар, водород, гелий, неон. Атмосфера Земли включает: тропосферу (до 15 км), стратосферу (15-100 км) и ионосферу (100 - 500 км).

Между тропосферой и стратосферой размещается переходный слой - тропопауза. В глубинах стратосферы под воздействием солнечного света создается озоновый экран, защищающий живые организмы от космического излучения. Выше - мезо-, термо- и экзосферы.

Абсолютный возраст устанавливается радиогеохронологическими методами, основанными на изучении периода полураспада, радиоактивных изотопов углерода, калия, урана, тория и других химических элементов, входящих в состав минералов и горных пород. Абсолютный и радиогеохронологический, возраст вычисляют исходя из соотношения массы конечных продуктов распада к массе исходного материнского изотопа с эталонным периодом полураспада -

geoglobus.ru. Такими методами определяется возраст магматических и осадочных горных пород или время их метаморфизма, с определённой погрешностью; относительный возраст осадочных и вулканогенных пород, слагающих слоистые толщи, датируется стратиграфически.

Возраст осадочных пород устанавливается палеонтологическим методом по находкам типоморфных (руководящих) для определённого геологического времени ископаемых окаменелостей флоры и фауны. Возраст магматических пород определяется палеомагнитным методом и по положению в геологическом разрезе относительно датированных осадочных слоёв.

Стратиграфическое подразделение распространяется на фаунистически охарактеризованные толщи от современного (четвертичного) времени до 570 ± 20 млн. лет назад.

В этом интервале, названным фанерозоем, выделяются по времени три геохронологические эры и соответствующие им стратиграфические группы (эротемы) геологических образований: кайнозойская (KZ), мезозойская (MZ), палеозойская (PZ). Затем они подразделяются по времени на периоды, а по накоплению субстрата на одноимённые с ними системы.

В кайнозой выделяются четвертичный (Q), неогеновый (N) и палеогеновый (P) периоды и аналогичные им по названию системы, время которых соответственно (в числителе возраст - млн. лет назад/в знаменателе продолжительность - млн. лет): 1,5/1,5; 25/24; 67/42.

Мезозой подразделяется на периоды: меловой (K) - 137/70, юрский (J) - 195/58, триасовый (T) - 230/35.

Палеозой объединяет периоды: пермский (P) - 285/55; каменноугольный (C) - 350/65; девонский (D) - 405/45; силурийский (S) - 440/35; ордовикский (O) - 500/60; кембрийский (Cm) - 570/70 млн. лет назад/млн. лет.

Далее, периоды подразделяются на эпохи, системы - на отделы, а те, в свою очередь, на века и ярусы.

Возраст более древних (докембрийских) образований исчисляется с меньшей точностью в основном радиогеохронологическим методом.

Докембрий охватывает наиболее длительные геохроны: верхний и средний протерозой (венд V - $660 \pm 20/90$ и рифей Rf - $1625 \pm 50/965$); ранний протерозой (PR1 - $2600 \pm 100/975$); поздний и ранний архей (AR2 - $3000 \pm 100/400$ и AR1 - $>3800/>800$); и катархей (4-4,5 млрд. лет назад/продолжительностью $> 0,5$ млрд. лет).

Тема 1.2. Минералы горных пород

Минералы - понятие очень широкое. Минералами называют однородные по составу и строению части горных пород и руд. Они представляют собой природные химические соединения, возникшие в результате различных геологических процессов. Минералов в природе великое множество. Для изучения и поиска их объединяют в однородные группы по химическому составу и физическим свойствам.

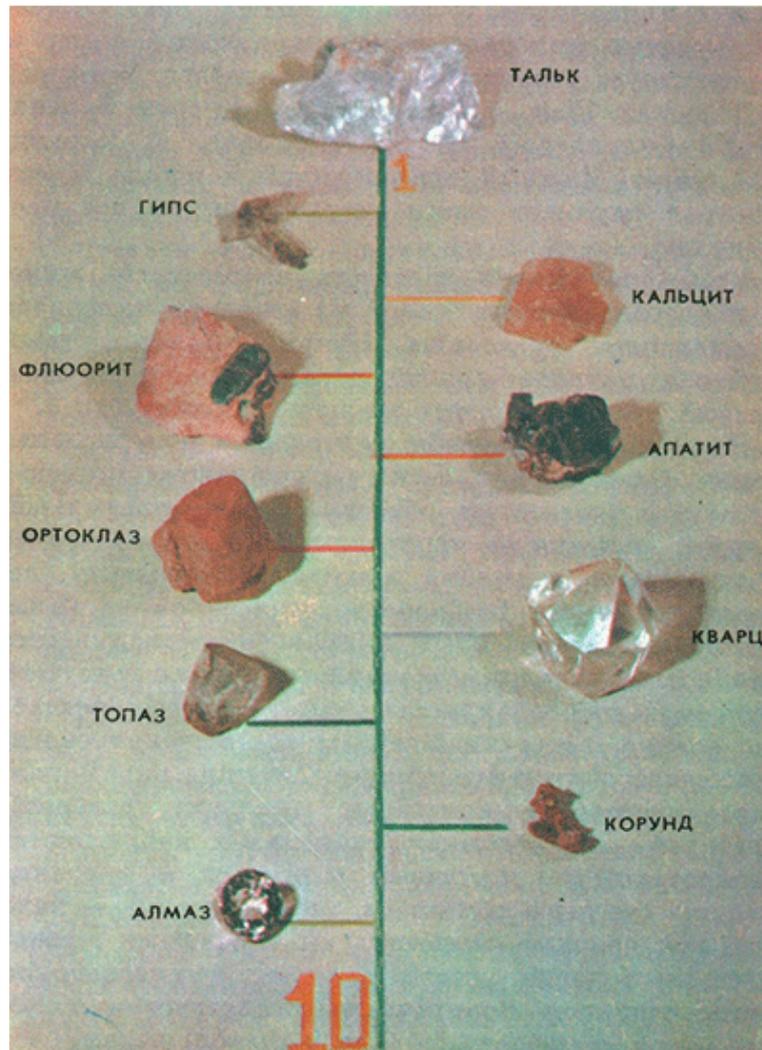
Большинство минералов встречается в земной коре в твердом состоянии. Однако есть жидкие (самородная ртуть) и даже газообразные минералы (углекислый газ, сероводород). Поразительно разнообразны внешние признаки, по которым минералы отличаются друг от друга.



Одни из них прозрачны, другие мутны, полупрозрачны или совершенно не пропускают свет.

Важной особенностью многих минералов является их окраска. Так, киноварь всегда карминно-красная, а малахит ярко-зеленый, по металлически-золотистому цвету легко узнаются кубические кристаллики пирита. Очень важный внешний признак минералов - их форма. Чаще она кристаллическая, но для одних это форма куба (пирит), для других - шестигранной призмы (берилл), для третьих - многогранника (гранат) и т. д. Многие минералы образуют натечные массы причудливой формы, ничего общего не имеющие с кристаллами. Таковы, например, почковидные выделения малахита и сталактитоподобные наросты лимонита. Одни минералы тверды настолько, что легко оставляют царапины на стекле (кварц, полевые шпаты, гранат). Другие сами царапаются обломками стекла или острием ножа (кальцит). Третьи мягки, и на них можно процертить след ногтем (графит). В минералогии применяется наиболее простой способ определения твердости - царапанием одного минерала другим. Для

оценки твердости используется так называемая шкала Мооса, представленная десятью минералами. Их порядковый номер и соответствует условной единице твердости. Вот они: 1. Тальк. 2. Гипс. 3. Кальцит. 4. Флюорит. 5. Апатит. 6. Ортоклаз. 7. Кварц. 8. Топаз. 9. Корунд. 10. Алмаз. Каждый последующий в шкале Мооса минерал царапает своим острым концом все предыдущие. Чтобы определить твердость неизвестного минерала, устанавливают, какой из эталонов минералов он царапает последним. Например, неизвестный минерал царапает апатит, а сам царапается ортоклазом, то его твердость заключена между 5 и 6.



По-разному ведут себя минералы и при раскалывании. Одни из них легко расщепляются по определенным плоскостям, образуя обломки правильной формы, похожие на кристаллы (галенит, кальцит); другие дают в изломе кривые "раковистые" поверхности (кварц). Свойство минералов раскалываться по определенным направлениям называется спайностью. Различают спайность весьма совершенную, при которой кристалл способен расщепляться на тонкие листочки (слюды); совершенную, когда при ударе образуются обломки, внешне напоминающие настоящие кристаллы (кальцит, галенит); среднюю - на

обломках минералов наблюдаются геометрически правильные плоскости и неровные изломы (роговые обманки); несовершенную - изломы, как правило, представлены неровными поверхностями (оливин, апатит); весьма несовершенную, когда спайность практически отсутствует и обломки имеют "раковистый" (как у стекол) излом.

Отличаются минералы и по цвету черты, т. е. цвету тонкого порошка, который оставляет минерал на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки. Иногда цвет черты совпадает с цветом самого минерала, как, например, у киновари. Но в ряде случаев цвет минерала и цвет его черты резко различны. Так, минерал гематит серо-стального цвета, а черта его красная, пирит латунно-желтый, а оставляет черную черту.

Удельный вес, магнитность, радиоактивность и ряд других свойств также являются важными признаками, по которым геологи определяют, или диагностируют, минералы. Свойства минералов зависят от их химического состава, кристаллической структуры, т. е. той пространственной фигуры, которую образуют слагающие минерал атомы и ионы, и от характера и сил сцепления между ними. По химическому составу и структуре все минералы подразделяются на большие группы, или разделы. Здесь мы упомянем лишь некоторые минералы, наиболее часто встречающиеся в земной коре и входящие в состав широко распространенных горных пород.

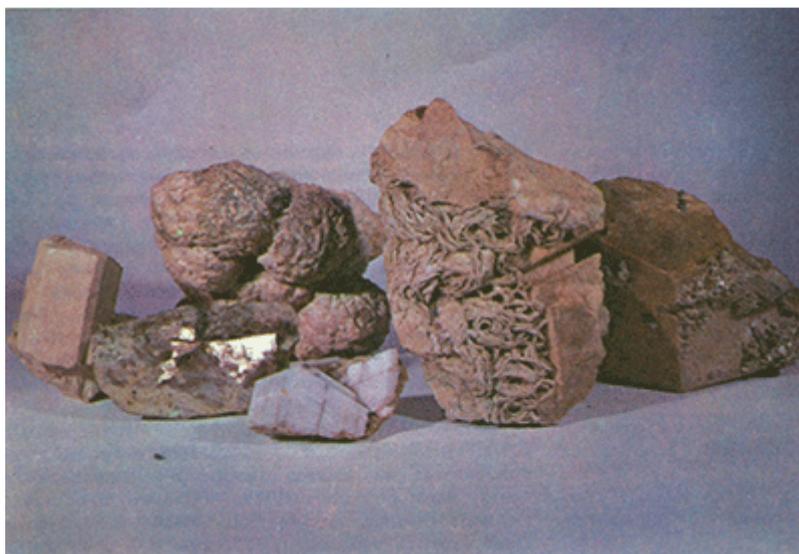
Кальцит (или известковый шпат) принадлежит к числу наиболее распространенных минералов. В природе встречаются целые горы, сложенные известняками или мраморами, которые состоят из одного почти чистого кальцита. По химическому составу кальцит представляет собой углекальциевую соль - CaCO_3 . Бесцветные прозрачные разновидности его называются исландским шпатом. Очень красивы так называемые друзы кальцита, представляющие собой скопление хорошо образованных кристаллов, возникших в пустотах горных пород. Большой частью кальцит бесцветен или обладает молочно-белым цветом. Но встречается и окрашенный в различные оттенки серого, желтого, красного, бурого и черного цвета. Твердость кальцита 3 (легко царапается острием ножа или иглы), спайность совершенная (легко раскалывается на обломки правильной формы). Важный диагностический признак кальцита - его реакция на соляную кислоту: от одной ее капли, попавшей на минерал, начинается бурное "вскипание" - выделение углекислого газа. Огромные массы кальцита образуются в морских бассейнах в виде известковых илов, отмерших морских растений и беспозвоночных животных с известковым скелетом. Позднее эти вещества превращаются в горную породу - известняк или мрамор.

Кварц, так же как и кальцит, относится к числу наиболее широко распространенных минералов. Состав его прост - это окись кремния SiO_2 . Встречают-

ся кристаллы кварца очень крупных размеров, весом до 40 т. Формы кристаллов весьма разнообразны, но для них характерны грани призмы, на которых заметна горизонтальная штриховка. Чаще всего цвет кварца молочно-белый или серый. Бесцветные водяно-прозрачные кристаллы кварца называются горным хрусталем, фиолетовые разновидности - аметистом, дымчатые - раухто-пазом, а черные - морионом. Твердость кварца 7, спайность весьма несовершенная (при раскалывании обломки отличаются "раковистым" изломом). Кварц чаще всего входит в состав кислых магматических горных пород - гранитов, липаритов, гранитных пегматитов и т. д.

Полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты натрия, калия и кальция. Из всех известных в природе силикатов (солей кремниевой кислоты) на долю полевых шпатов приходится около 50% по весу. По химическому составу различаются известково-натриевые и кали-натриевые полевые шпаты. Более распространены известково-натриевые полевые шпаты, или плагиоклазы, состоящие из двух существенно различных молекул - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ и $\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$. Количественное соотношение между этими молекулами в минерале может быть различно. Чистонатриевый полевой шпат ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) называется альбитом, чистокальциевый ($\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$) - анортитом. Плагиоклазы представляют собой все разновидности непрерывно меняющегося состава, от альбита до анортита (их различают по номерам, соответствующим проценту содержания анортита).

Хорошо образованные кристаллы плагиоклазов довольно редки, облик их таблитчатый или таблитчато-призматический. Цвет плагиоклазов белый или серовато-белый, иногда с зеленоватым, синеватым, реже красноватым оттенком. Блеск стеклянный, твердость 6—6,5. Спайность совершенная по двум направлениям. Плагиоклазы главным образом входят в состав магматических горных пород.



Кали-натриевые полевые шпаты встречаются в земной коре реже, чем плагиоклазы. Состав их выражается формулой $KaAlSi_3O_8$ (чистокалиевый полевой шпат). Обычно к калиевой составляющей минерала примешано некоторое количество альбитовой молекулы ($NaAlSi_3O_8$). По структуре среди кали-натриевых полевых шпатов различают ортоклаз и микроклин. Облик кристаллов кали-натриевых полевых шпатов чаще всего призматический, цвет светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый, иногда мясо-красный. Блеск стеклянный. Твердость 6-6,5. Спайность совершенная по двум направлениям. Кали-натриевые полевые шпаты входят в состав магматических горных пород кислого состава.

Слюды. В эту группу объединены минералы достаточно сложного и изменчивого состава. Здесь мы остановимся лишь на магнезиально-железистой темной слюде - биотите и алюминиевой светлой - мусковите. В состав слюд входят легколетучие соединения. Химическая формула биотита достаточно сложна $K(Mg_1Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH_1F_2]$; он состоит из калия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. В качестве легколетучих веществ в биотите присутствуют вода (точнее, группа гидроксила - OH) и фтор. Цвет биотита черный, бурый, иногда с оранжевым, красноватым или зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 2-3, спайность весьма совершенная (кристалл биотита легко расщепить на отдельные тончайшие листочки), облик кристаллов таблитчатый, нередко столбчатый или пирамидальный. Большей частью встречается в сплошных пластинчато- или чешуйчато-зернистых массах. Биотит встречается во многих магматических и метаморфических горных породах.

Светлая слюда - мусковит - получила свое название по старинному итальянскому наименованию города Москвы - Муска. В древние времена из Москвы в Западную Европу вывозились большие листы мусковита под названием "московское стекло", которое вставляли в оконные рамы домов. Мусковит - $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ - состоит из калия, алюминия, кремния и кислорода. Из легколетучих соединений присутствует вода (группа гидроксила). Облик кристаллов обычно таблитчатый или пластинчатый. Боковые грани сильно истрихованы в горизонтальных направлениях. Как и биотит, мусковит чаще всего встречается в сплошных листовато-зернистых или чешуйчатых массах. В тонких спайных листочках мусковит бесцветен. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый и серебристый. Твердость 2-3. Листочки мусковита, как у всех слюд, гибки и при сгибании упруги. Спайность совершенная (легко расщепляется на тонкие прозрачные листочки). Мусковит встречается в земной коре чаще других слюд. Он входит в состав многих магматических и метаморфических горных пород.

Из большой группы минералов, объединенных под общим названием амфиболы, упомянем лишь наиболее часто встречающуюся роговую обманку. Составляет она из кальция, натрия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. Обязательной составной частью роговой обманки является вода. Химический состав ее не постоянен, и количественные соотношения между магнием и железом, железом, алюминием и калием меняются в широких пределах. Облик кристаллов призматический или столбчатый. Обыкновенные роговые обманки окрашены в зеленый или бурый цвет разных оттенков. Блеск стеклянный, твердость 5,5-6. Спайность совершенная только по одному направлению и несовершенная по другим. Роговая обманка - минерал, типичный для ряда магматических и многих метаморфических горных пород.

Большая группа минералов, представляющих собой магнезиально-железистые, известково-магнезиальные и известково-железистые силикаты, объединена под общим названием пироксены. По кристаллографическим признакам различают ромбические и моноклинные пироксены. К ромбическим пироксенам относится энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$. Разновидности его, в которых присутствуют заметные количества окислов железа, называются бронзитом. Чаще всего встречается в виде зерен неправильной удлиненной формы. Энстатит бесцветен или серовато-белый с зеленоватым оттенком, реже буровато-зеленый. Блеск его стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 5,5, спайность средняя.

Энстатит - типичный минерал изверженных горных пород, образовавшихся из магматических расплавов, обогащенных магнием (магмы основного состава). Совместно с оливином, о котором мы скажем дальше, энстатит входит в состав таких магматических горных пород, как габбро и базальты. Примером моноклинных пироксенов служит авгит - известково-магнезиально-железистый алюмосиликат. Химический состав его гораздо сложнее, чем у других пироксенов. Облик кристаллов его коротко-столбчатый. Для разрезов характерны очертания восьмиугольника с более или менее развитыми сторонами. Чаще всего встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет черный, зеленовато- и буровато-черный, реже темно-зеленый или бурый. Блеск стеклянный. Твердость 5-6. Спайность средняя.

Авгит чаще всего встречается в магматических горных породах основного и среднего состава - базальтах, габбро, андезитах, диоритах. Наконец, весьма распространен оливин - магнезиально-железистый силикат $(Mg_1Fe)Si_2O_6$. Иногда его называют еще хризолитом. Обычно оливин встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет его желтый с зеленоватым оттенком, но часты бесцветные разновидности. Блеск стеклянный, жирный. Твердость 6,5-7. Спайность несовершенная (при раскалывании дает неровный излом). Оливин - минерал магма-

тического происхождения. Он характерен для изверженных горных пород, образовавшихся из бедного кремнием и богатого магнием и железом магматического расплава основного состава - дунитов, габбро и базальтов. В кварцсодержащих изверженных горных породах, возникших из богатого кремнекислотой кислого магматического расплава (граниты, липариты), оливин, как правило, не встречается.

Тема 1.3. Горные породы и процессы в них

В отличие от минералов, горные породы чаще всего не однородны. Это как бы агрегаты, состоящие из различных минералов. Но при всем многообразии эти агрегаты, как и слагающие их минералы, закономерно повторяются в земной коре. При этом не только состав входящих в них минералов, но и структура и другие свойства зависят прежде всего от того, где, на какой глубине и в каких условиях они образовались.



По условиям образования все горные породы делятся на три большие группы: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические горные породы. Глубоко в недрах Земли господствуют высокие температуры. На глубине около 100 км температура уже столь высока, что большинство горных пород должно было бы расплавиться, если бы этому не препятствовало огромное давление, достигающее нескольких десятков тысяч атмосфер. Но вот местами в земной коре возникают гигантские трещины - глубинные разломы. Там, где прошла зона разлома, давление резко падает, и тогда создаются условия для плавления глубинных горных пород; образуется огненно-жидкий силикатный расплав - магма.

Как шипучий напиток насыщен газом, так и магма насыщена парами воды, углекислым и сернистым газами, хлором и другими летучими веществами. Под давлением растворенных в ней газов магма устремляется к поверхности Земли. В тех случаях, когда она достигает поверхности, мы являемся свидетелями грозного и величественного явления природы - извержения вулкана. Через громадную конусообразную воронку - жерло вулкана - вырываются клубы газа, паров и пепла. Это та вспененная часть магмы, которая движется впереди колонны поднимающегося расплава. Вместе с газовыми тучами и пеплом из жерла, подобно артиллерийским снарядам, вылетают раскаленные светящиеся вязкие обломки - вулканические бомбы. Вслед за ними по склонам вулкана растекается огненная река - это вышедшая на поверхность и потерявшая при этом значительную часть газов и паров воды магма, которую обычно называют лавой. Застывая и частично кристаллизуясь на поверхности Земли, лава, в зависимости от ее химического состава, превращается в горную породу - базальт, андезит, дацит или липарит. Это так называемые излившиеся, или эффузивные, горные породы, отличительной особенностью которых является присутствие в их составе вулканического стекла - не успевшей закристаллизоваться части магматического расплава.

Вулканическое стекло скрепляет, цементирует минералы, выделившиеся из расплава еще в тот период, когда он поднимался к поверхности или в процессе своего подъема на некоторое время останавливался в глубоких горизонтах земной коры. Такие минералы называют вкрапленниками.

Однако не всегда магматическому расплаву удается достичь поверхности Земли - тогда кристаллизация его происходит на некоторой глубине, часто достигающей 5 и более километров. Остывание происходит здесь медленно, газы и пары воды под большим давлением вышележащих пород надолго сохраняются в кристаллизующейся магме и в значительном количестве входят в состав выделяющихся из расплава минералов. Из застывшей в глубинных условиях магмы образуются такие горные породы, как габбро, диорит и гранит. Их отличает полнокристаллическое строение, стекла в этих породах нет, а минералы, из которых они состоят, часто достигают крупных размеров. Горные породы, образовавшиеся в результате кристаллизации магматического расплава на глубине, называются интрузивными.

Магма состоит из химических соединений, в которые главным образом входят кислород, кремний, алюминий, железо, магний, кальций, натрий и калий. В меньшем количестве в расплаве содержится титан и марганец. Кроме того, в магме растворено некоторое количество воды, углекислоты, сернистого газа, хлора и других легколетучих веществ.

Перемещаясь в верхние горизонты земной коры, магма теряет тепло, постепенно остывая. При этом первыми начинают выделяться из расплава наиболее тугоплавкие минералы: магнезиально-железистые силикаты - оливины и пироксены, а также полевые шпаты, обогащенные кальцием. Плотность этих минералов, их удельный вес выше плотности расплава, и поэтому они медленно опускаются в нижние части магматического бассейна - того пространства, которое занято кристаллизующейся магмой. Вместе с ними на дно опускаются и рудные минералы, в состав которых входят тяжелые металлы - платина, хром, никель, кобальт и др.

В верхней части магматического бассейна накапливаются минералы, температура кристаллизации которых заметно ниже, а удельный вес меньше. Это кварц и полевые шпаты, обогащенные калием и натрием. Здесь же, в верхней части расплава, собираются и легколетучие, самые низкоплавкие вещества - газы и пары воды. Поэтому здесь выделяются и те минералы, в состав которых входит вода и газы - слюды (биотит и мусковит) и амфиболы. Так в процессе остывания и кристаллизации сначала однородной магмы происходит ее разделение на части, отличающиеся по химическому и минеральному составу.

Пока мы не располагаем достаточными данными о природе и составе родоначальной магмы, из которой могло бы возникнуть все многообразие существующих в природе магматических горных пород. В настоящее время ученые предполагают, что в недрах Земли периодически возникают различные по составу магматические расплавы. Они образуются на глубинах в 100 и более километров за счет частичного или полного плавления залегающих там горных пород. Основные магмы обогащены магнием, железом и титаном. В составе кислых магм значительно больше кремнезема, алюминия и щелочных металлов и меньше магния и железа.

Образовавшиеся из магматических расплавов горные породы по составу делятся на несколько больших групп. В основу их разделения положено содержание в горной породе кремнезема - окиси кремния. Различают основные горные породы - бедные кремнеземом и богатые магнием и железом; средние - более богатые кремнеземом, алюминием и кальцием, но несколько обедненные магнием и железом и, наконец, кислые - наиболее богатые кремнеземом, калием и натрием и обедненные магнием, железом и кальцием.

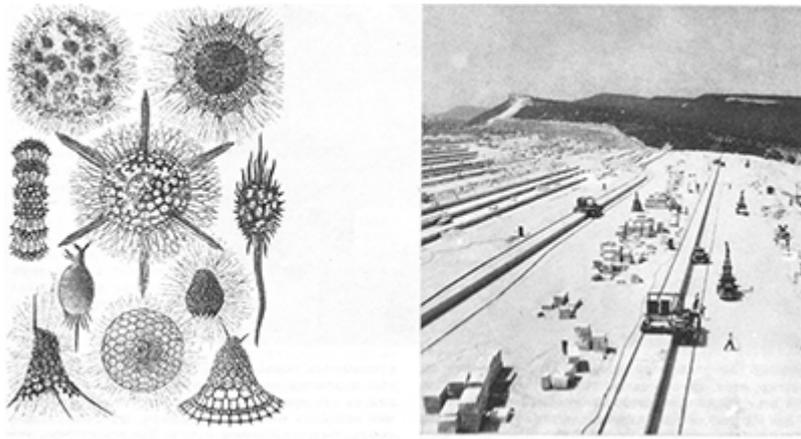
При кристаллизации основной магмы из тугоплавких и тяжелых минералов - оливина, пироксена и кальциевого полевого шпата - образуются такие интрузивные горные породы, как дунит, перидотит и габбро. Они содержат скопления самородной платины, хромитовой руды, никеля и кобальта.

Более легкоплавкие минералы - кварц, щелочные шпаты и слюды - при кристаллизации кислой магмы входят в состав другой интрузивной горной породы - гранита.

Если же магматический расплав, из которого образуется габбро, появляется на поверхности Земли, то получается базальт, состоящий из оливина, пироксена, кальциевого полевого шпата и вулканического стекла.

Лава кислого (гранитного) состава, застывая на поверхности Земли, образует липарит, состоящий из щелочных полевых шпатов, кварца, биотита и опять-таки вулканического стекла. Из самой легкоплавкой, наиболее насыщенной газами и парами воды верхней части кислого магматического расплава в глубинных условиях образуются гранитные пегматиты. Эти породы в основном состоят из тех же минералов, что и граниты (кварца, полевых шпатов и слюд), но более крупных, иногда гигантских размеров. В дополнение к главным минералам в пегматитах содержатся топаз, турмалин, берилл, литиевые слюды, минералы редких земель, олово и вольфрам. Образование их происходит при обязательном участии газов и паров воды, которые выносятся из магматического расплава часть растворенных в нем рудных элементов и обогащают ими минералы пегматитов. Вот почему пегматиты нередко являются источником ценнейших месторождений полезных ископаемых.

На некотором удалении от остывающей магмы газы и пары воды конденсируются, превращаясь в горячие водные растворы - гидротермы. Попадая в трещины и пустоты, возникшие в горных породах при внедрении магматического расплава, гидротермальные растворы охлаждаются и из них выпадают иногда хорошо ограненные кристаллы кварца, флюорита, пирита, галенита, сфалерита и других минералов. Так образуются гидротермальные месторождения, из которых добывается главная масса таких редких и важных для промышленности металлов, как вольфрам, молибден, свинец, олово, висмут, сурьма, мышьяк, золото, серебро и многие другие. Изучая магматические горные породы, состав и свойства их минералов, геологи получают возможность предсказывать, в каких местах следует искать те или другие полезные ископаемые, связанные своим происхождением с магматическими расплавами. Изучение магматических горных пород, этих посланцев глубин, позволяет геологам как бы заглянуть в недра Земли на десятки километров и узнать, как идут там физико-химические процессы, приводящие к образованию глубинных магматических горных пород и минералов.



Осадочные горные породы. Уже само название этих горных пород - осадочные - указывает на способ их образования: они осаждаются на дне океанов и морей, рек и других водоемов.

Под влиянием ветра, текучих вод, суточных и годовых колебаний температуры разрушаются скалы. Образовавшиеся обломки горных пород разных размеров уносятся ручейками и реками. Самые крупные обломки собираются на дне рек неподалеку от разрушающихся горных хребтов. Обломки меньших размеров и песок уносятся реками на далекие расстояния и отлагаются в прибрежной части морей и океанов. В глубоководной зоне океанов и морей, отстоящей на сотни километров от области сноса обломочного материала, на дно опускаются мельчайшие глинистые частицы. Так в процессе переноса осуществляется сортировка обломков по крупности. Наиболее крупные осаждаются вблизи разрушающихся гор, наиболее мелкие (глинистые частицы) - в глубоководной части морей и океанов. Осевшие на дно обломки пород и минералов под нагрузкой вышележащих осадков уплотняются, цементируются, превращаясь в такие горные породы, как конгломерат, песчаник, глинистый сланец. Все это так называемые осадочные горные породы обломочного происхождения. Они залегают в виде слоев, которые можно увидеть на крутых склонах оврагов, берегах рек и морей.

В морях, океанах и некоторых озерах растворено большое количество солей кальция, магния, калия, натрия и других элементов. При изменении температуры и испарении концентрация солей увеличивается и из воды начинают выделяться кристаллические осадки, накапливающиеся на дне водоемов. В дальнейшем они уплотняются, цементируются и перекристаллизовываются, причем частично изменяется и их состав. В результате этих процессов образуются горные породы - мергели, гипс, поваренная соль, сульфатные и хлорные соли магния, кальция и калия. Это тоже осадочные породы, но не обломочного, а химического происхождения. Многие из этих пород используются в народном хозяйстве в качестве полезных ископаемых.

Озера, моря и океаны населены животными и растительными организмами: рыбами, рачками, улитками, кораллами и различными водорослями. В теплых морях одни животные и растения, в холодных - другие. Скелеты морских организмов, их панцири и раковины бывают известковистыми, кремнистыми или фосфатными. Погибая, морские животные опускаются на дно. Мягкие части их разлагаются, а скелеты или панцири, накапливаясь и уплотняясь, образуют мощные толщи известняков, кремнистых пород и фосфоритов. За счет растительных и отчасти животных остатков при их захоронении на дне древних озер и болот образовались горючие полезные ископаемые - угли, горючие сланцы, нефть, твердые битумы и т. д. Все эти породы, возникшие в результате жизнедеятельности организмов, называются осадочными породами биогенного происхождения (по-гречески "биос" - жизнь).

Итак, осадочные породы по способу происхождения делятся на три большие группы: 1) обломочные, 2) химические и 3) биогенные. Изучая осадочные породы и заключенные в них скелеты и раковины некогда живых животных, геологи устанавливают, в какое время в том или ином участке Земли было море, как с течением времени менялись его берега и когда на его месте образовалась суша. По характеру остатков организмов можно установить, теплым или холодным было это море, каков был состав его воды и каким был древний климат в этой части земного шара.

Осадочные горные породы, образовавшиеся в водоемах, отличаются от тех, которые возникли в пустыне или в жарком тропическом лесу. Поэтому всестороннее изучение осадочных пород, позволяя нам узнать об условиях, в которых они образовались, помогает восстановить историю развития Земли.

Метаморфические горные породы. Каким бы путем ни образовались горные породы и как бы устойчивы и прочны они ни были, попадая в иные условия, они начинают изменяться. В результате тектонических движений большие массы пород, возникших на поверхности Земли, могут быть перемещены в ее глубины. Там под влиянием более высоких температур и давлений, при участии минеральных растворов, которые всегда существуют в недрах Земли, начинает изменяться химический и минеральный состав горных пород. Изменения эти происходят очень медленно, растягиваясь иногда на десятки и сотни миллионов лет. Под нагрузкой вышележащих пластов и при повышенной температуре биогенный известняк, состоявший из ракушек и скелетов древних организмов, перекристаллизовывается и превращается в мрамор. Таким же образом из песчаников образуются кварциты. Возникшие в поверхностных условиях богатые водой минералы переходят в безводные или бедные водой. Так, например, опал переходит в кварц, лимонит - в гематит и т. д. Из глин образуются глинистые и

аспидные сланцы - плотные породы, способные раскалываться на тоненькие пластинки. Граниты превращаются в слоистые гнейсы.

Горные породы, образующиеся в результате изменения состава или свойств первоначальных горных пород, называются метаморфическими, а сам процесс изменения первоначальных пород называется метаморфизмом (по-гречески "метаморфо" - преобразовываюсь, превращаюсь). Как вы помните, горная порода, как правило, состоит не из одного, а из нескольких минералов - сообщества минералов. Так вот, каждое сообщество минералов возникает только при определенных температурах и давлениях. Изменились давление и температура, изменился состав циркулирующих в недрах Земли растворов, и вместо прежнего сообщества минералов возникает новое, по старым минералам развиваются новые. Часто эти новые минералы совсем замещают старые, оставляя от них только очертания, контуры, по которым мы и узнаем о том, каковы были эти "старички".

Поднимающаяся из глубин раскаленная, насыщенная газами и парами воды магма изменяет, метаморфирует встретившиеся на пути горные породы. Под воздействием высокой температуры глинистые сланцы, соприкасавшиеся с магмой, превращаются в плотные, мелкокристаллические роговики. Газовые струи и минерализованные горячие растворы вступают в химические реакции с холодными породами, которые слагают стенки магматических камер. В результате этих реакций возникают новые породы - скарны, грейзены и т.д., часто заключающие в себе месторождения полезных ископаемых.

Тема 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы

Поверхность Земли и ее недра непрерывно изменяются под воздействием самых разнообразных сил и факторов. Эти процессы изменения протекают в подавляющем своем большинстве крайне медленно с точки зрения человека, незаметно не только непосредственно для его глаза, но часто и незаметно для многих сменяющих друг друга поколений людей. Однако именно эти медленные процессы в течение миллионов и миллиардов лет истории Земли приводят к наиболее разительным и крупным переменам в ее лике и внутреннем строении. Они и составляют главное содержание истории Земли. Среди геологических процессов есть и такие, которые проявляются очень бурно и приводят к катастрофическим последствиям. Сюда относятся мощные извержения вулканов, разрушительные землетрясения, внезапные горные обвалы и т. п. Но эти процессы проявляются сравнительно редко, охватывают относительно небольшие площади и играют в истории Земли значительно меньшую роль. Чтобы верно понять динамику Земли и правильно истолковать закономерности ее раз-

вития, требуется очень тонкое наблюдение именно над медленно протекающими геологическими процессами. Их изучение и составляет основное содержание динамической геологии. Для удобства изучения геологические процессы разделяют на две большие группы: процессы внешней геодинамики, или внешние экзогенные процессы, и процессы внутренней геодинамики, или внутренние эндогенные процессы. Экзогенные процессы возникают в результате взаимодействия каменной оболочки с внешними сферами: атмосферой, гидросферой и биосферой. Эндогенные процессы проявляются при воздействии внутренних сил Земли на ту же каменную оболочку. Разделение процессов на внешние и внутренние носит несколько условный характер, так как между ними нет категорического разграничения, а наоборот, наблюдается тесное взаимодействие. Тем не менее, подобное деление методически вполне оправдано. Экзогенные процессы в свою очередь подразделяются на три большие группы: процессы выветривания, процессы денудации и процессы аккумуляции, или осадконакопления. Выветривание представляет собой процесс изменения (разрушения) горных пород и минералов вследствие приспособления их к условиям земной поверхности. Оно состоит в изменении физических свойств минералов и горных пород, главным образом сводящегося к их механическому разрушению, разрыхлению и изменению химических свойств под воздействием воды, кислорода и углекислого газа атмосферы и жизнедеятельности организмов. Денудация и аккумуляция (или осадконакопление) тесно взаимосвязаны. Под денудацией понимается совокупность процессов сноса продуктов разрушения горных пород, создаваемых в основном выветриванием. Она проявляется главным образом в пределах суши и сводится к перемещению раздробленного или химически растворенного материала с возвышенностей в депрессии рельефа — долины, котловины, озерные и морские бассейны. Главными ее агентами являются сила тяжести, текучие воды, ветер и движущиеся льды ледников. Денудация (от латинского слова «денудо» — обнажаю) приводит к разрушению целых горных систем, шаг за шагом сравнивая их с землей и превращая в равнины. Аккумуляция — это сумма всех процессов накопления осадков, возникающих в понижениях рельефа Земли за счет принесенных денудацией продуктов выветривания. Она является первой стадией образования новых осадочных горных пород. Выветривание лишь подготавливает материал для денудации, но само по себе еще не приводит к серьезным изменениям лика Земли. Денудация же является наиболее активным фактором преобразования Земли, мобилизирующим, приводящим в движение огромные массы вещества. Поэтому изучение денудации является одним из главных предметов динамической геологии. Аккумуляция — это дальнейшее звено в цепи экзогенных процессов, сводящееся к тому, что продукты выветривания как бы вновь обретают покой, теряют свою подвижность, входя в состав осадочных пород.

Эндогенными (внутренними) процессами называются такие геологические процессы, происхождение которых связано с глубокими недрами Земли. Вещество земного шара развивается во всех своих частях, в том числе и в глубинных. В недрах Земли под внешними ее оболочками происходят сложные физико-механические и физико - химические преобразования вещества, в результате которых возникают мощные силы, воздействующие на земную кору и коренным образом преобразующие последнюю. Вот эти-то преобразующие процессы и называются эндогенными процессами. Наиболее отчетливо эндогенные процессы выражаются в явлениях вулканизма, под которыми понимаются процессы, связанные с перемещением магмы как в верхние слои земной коры, так и на ее поверхность. Явления вулканизма знакомят человека с материей, располагающейся в глубинах земного шара, с ее физическим состоянием и химическим составом. Проявления поверхностного вулканизма происходят не повсеместно, а приурочены к определенным участкам земной коры, положение и площадь которых изменялись в ходе геологической истории. Магма, внедряясь в земную кору, очень часто не достигает поверхности, а застывает где-то на глубине, образуя при этом глубинные, интрузивные горные породы (гранит, габбро и др.). Явления внедрения магмы в земную кору получили название глубинного вулканизма, или плутонизма. Вторым видом эндогенных процессов являются землетрясения, проявляющиеся в определенных участках земной поверхности в виде кратковременных толчков или сотрясений. Явления землетрясений, так же как и вулканизм, всегда поражали воображение человека. В тех случаях, когда толчки приходились на населенные пункты, землетрясения приносили человечеству значительные бедствия: гибель многих людей, разрушения построек и т. д. Кроме кратковременных и сильных колебаний типа землетрясений, земная кора испытывает колебания, при которых одни участки ее опускаются, а другие поднимаются. Движения совершаются очень медленно со скоростью нескольких сантиметров или даже миллиметров в столетие, они недоступны непосредственным наблюдениям без приборов. Но так как эти движения совершаются повсеместно и непрерывно в течение многих миллионов лет, то конечные результаты их весьма существенны. Вследствие этих колебательных движений, многие области, ранее бывшие сушей, оказались дном океана и, наоборот, некоторые участки земной поверхности, сейчас возвышающиеся на сотни и даже тысячи метров над уровнем моря, сохраняют свидетельство того, что когда-то они были под водой. Интенсивность колебательных движений неодинакова: на одних, участках земной коры опускания или поднятия более значительны, на других менее значительны. Одним из самых ярких проявлений внутренних сил являются складчатые и разрывные деформации земной коры. Эти явления в большинстве случаев недоступны непосредственному наблюдению, хорошо запечатлелись в характере залегания осадочных пород, слагающих земную кору. Осадки морей и океанов, выпадая из воды, ло-

жаты обычно ровными горизонтальными пластами. Вследствие же складкообразования эти горизонтально залегающие пласты оказываются собранными в различного вида складки, а иногда разорванными или надвинутыми друг на друга. Явление смятия и разрыва пластов способствует образованию возвышенностей и гор, впадин и котловин. Многие ученые приписывали явлению складчатых деформаций главную роль в образовании гор, считая, что породы, сминаясь в складки, вспучивают земную поверхность и образуют возвышенности. Этот процесс получил название орогенеза («орос» — по-гречески возвышенность, «генез» — образование). В настоящее время установлено, что в образовании гор колебательные движения играют не меньшую роль, чем складчатые, поэтому термин «орогенез», утратив свое первоначальное значение, стал употребляться реже. Складчатые деформации проявляются только в определенных, наиболее подвижных и наиболее проницаемых для магмы участках земной коры, именуемых геосинклиналями. В противоположность им устойчивые, со слабой тектонической активностью, области называются платформами. Складчатые деформации, землетрясения и особенно вулканизм способствуют существенному изменению горных пород, слагающих земную кору. Вследствие сдавливания они становятся более плотными и твердыми, а под действием высокой температуры обжигаются и даже переплавляются. Действие паров и газов, выделяемых из магмы, способствует образованию в горных породах новых минералов. Все эти явления преобразования горных пород под действием эндогенных процессов носят название метаморфизма («метаморфизм» - по-гречески означает превращение) и также связаны с глубинными силами. К числу эндогенных процессов относятся, следовательно, вулканизм, землетрясения, колебательные движения (или эпейрогенез), складчатые и разрывные деформации и метаморфизм. Из всех видов эндогенных явлений только колебательные движения, как указывалось ранее, проявляются более или менее равномерно в пределах всей земной коры; все же остальные явления сосредотачиваются главным образом в подвижных геосинклинальных поясах Земли. Эндогенные процессы коренным образом меняют характер земной коры и, в частности, ее поверхности; они приводят к созданию основных форм рельефа поверхности Земли — горных стран и отдельных возвышенностей, огромных впадин — вместилищ океанической и морской воды и др. Формы, созданные эндогенными силами, в свою очередь подвергаются действию экзогенных сил. Возвышенности размываются реками, развеваются ветрами; у подножия возвышенностей накапливаются мощные пролювиально-делювиальные шлейфы, впадины заполняются осадками, берега впадин размываются волнами. Эндогенные силы стремятся к расчленению и усложнению рельефа земной поверхности, а экзогенные силы денудировать, т.е. выравнивают поверхность Земли. Во взаимодействии экзогенных и эндогенных процессов происходит развитие земной коры и ее поверхности.

Раздел 2. Основы геоморфологии и гидрогеологии

Тема 2.1. Общие сведения о геоморфологии

Геоморфология- наука о рельефе земной поверхности.

Геоморфология изучает рельеф суши, дна океанов и морей со стороны его внешнего (физиономического) облика, происхождения, возраста, истории развития, современной динамики, закономерностей группировки и распространения составляющих его форм. Рельеф, наблюдаемый в современную геологическую эпоху, изучается геоморфологией как результат всего предшествующего развития земной поверхности.

Земная поверхность представляет собой границу раздела между земной корой с одной стороны, и гидро- и атмосферой, с другой. На земную поверхность одновременно воздействуют внутренние и внешние. агенты, обуславливающие эндогенные и экзогенные рельефообразующие процессы. К эндогенным процессам, вызываемым внутренними силами Земли, относятся тектонические движения, магматизм; к экзогенным процессам, питаемым лучистой энергией Солнца,— выветривание, работа поверхностных вод и ледников, ветра, деятельность животных и растительных организмов и др. Под непосредственным воздействием силы тяжести на поверхности Земли совершаются гравитационные процессы, имеющие также рельефообразующее значение. На рельеф Земли в целом большое воздействие оказывают силы взаимного тяготения системы Земля — Солнце — Луна, вызывающие приливы в морях и океанах и в твёрдом теле Земли, изменения угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси. Важным фактором изменения рельефа Земли является и деятельность человеческого общества. В разных местах и в разное время структура внутренних и внешних сил, их интенсивность и направленность изменяются в широких пределах, обуславливая на каждом данном участке и в каждый данный момент общее (восходящее или нисходящее) развитие рельефа и специфические особенности его формирования.

Общая геоморфология включает ряд разделов. Наиболее крупные из них: геоморфология суши, которая изучает рельеф поверхности материков, и морская геоморфология, изучающая рельеф дна морей и океанов.

Существует несколько классификаций форм рельефа Земли, имеющих разные основания. Согласно одной из них различают две группы форм рельефа:

- положительные - выпуклые по отношению к плоскости горизонта (материки, горы, возвышенности, холмы и др.);
- отрицательные - вогнутые (океаны, котловины, речные долины, овраги, балки и др.).

- Классификация форм рельефа Земли по размерам представлена в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Формы рельефа Земли по размерам

	Размеры				
	Планетарные	Крупнейшие	Крупные	Средние	Мелкие
Примеры форм рельефа Земли	Материки и океанические впадины	Горы, равнины	Горные хребты, речные долины	Холмы, овраги	Бугры, курганы, промоины, рытвины

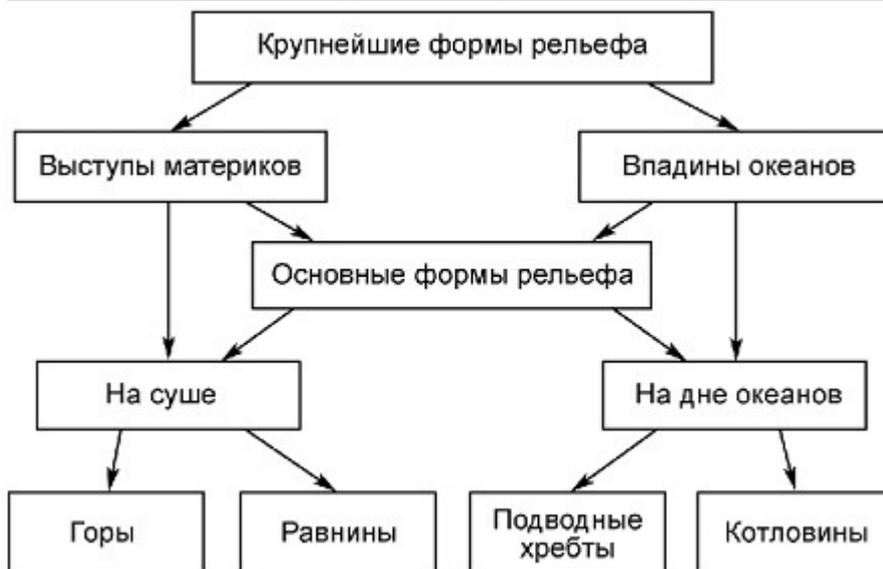


Рис. 1. Классификация крупнейших форм рельефа

Основными формами рельефа на суше являются горы и равнины.

Горы - изолированные вершины, массивы, хребты (высотой обычно более 500 м над уровнем моря) различного происхождения.

В целом 24 % земной поверхности приходится на горы.

Наивысшая точка горы называется горной вершиной. Высочайшей горной вершиной Земли является гора Джомолунгма — 8848 м.

В зависимости от высоты горы бывают низкими, средними, высокими и высочайшими (рис. 3).



Рис. 3. Классификация гор по высоте

Высочайшие горы нашей планеты — Гималаи, примером высоких гор могут служить Кордильеры, Анды, Кавказ, Памир, средних — Скандинавские горы и Карпаты, низких — Уральские горы.

Кроме упомянутых гор, на земном шаре есть и множество других. С ними вы можете познакомиться по картам атласа.

По способу образования выделяют следующие виды гор:

- складчатые — образованные в результате смятия в складки мощной толщи осадочных пород (преимущественно образовались в альпийскую эпоху горообразования, поэтому их называют молодыми горами) (рис. 4);
- глыбовые — образованные в результате поднятия на большую высоту жестких глыб земной коры; характерны для древних платформ: внутренние силы Земли раскалывают на отдельные глыбы жесткий фундамент платформ и поднимают их на значительную высоту; как правило, древние или возрожденные) (рис. 5);
- складчато-глыбовые — это старые складчатые горы, которые в значительной степени разрушились, и затем, в новые периоды горообразования, отдельные их глыбы были вновь подняты на большую высоту (рис. 6).

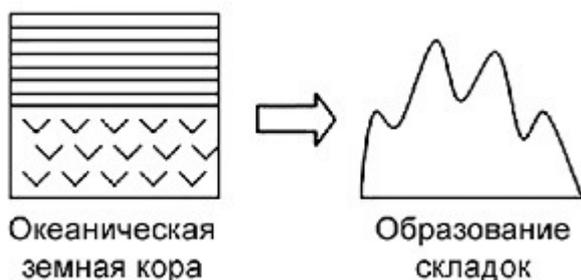


Рис. 4. Образование складчатых гор

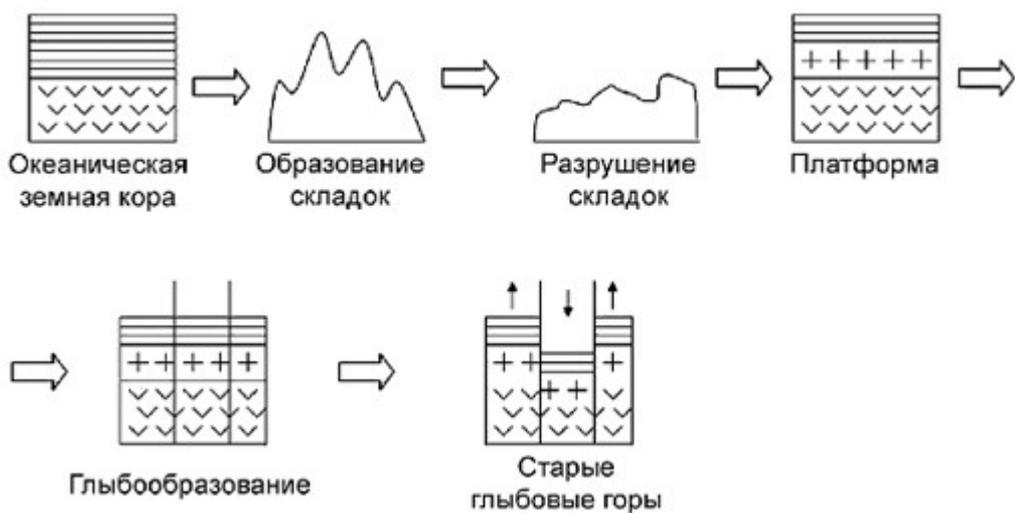


Рис. 5. Образование старых (глыбовых) гор

По месту расположения выделяют эпигеосинклинальные и эпиплатформенные горы.

По происхождению горы подразделяют на тектонические, эрозионные, вулканические.

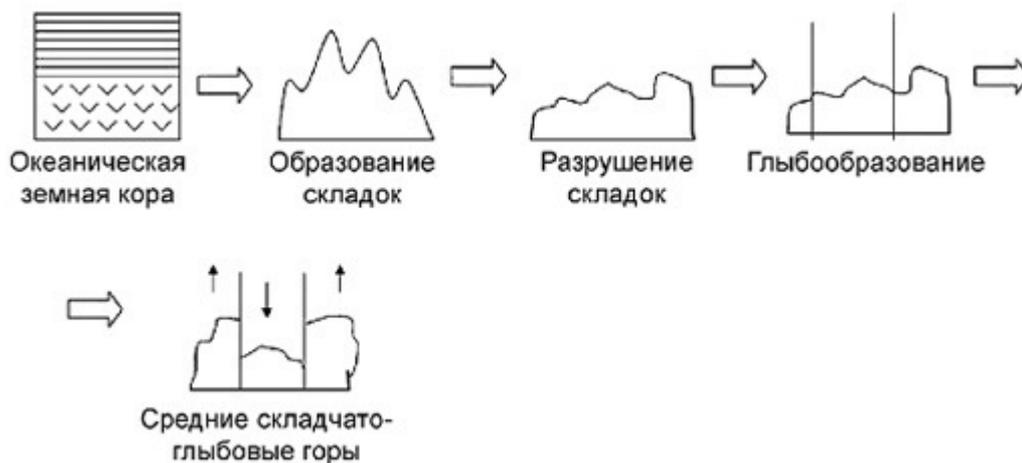


Рис. 6. Образование складчато-глыбовых обновленных гор

Тектонические горы — это горы, которые образовались в результате сложных тектонических нарушений земной коры (складок, надвигов и различного рода разломов).

Эрозионные горы - высоко поднятые платообразные области земной поверхности с горизонтальной геологической структурой, сильно и глубоко расчлененные эрозионными долинами.

Вулканические горы - это вулканические конусы, лавовые потоки и туфовые покровы, распространенные на большой территории и обычно наложенные на тектоническую основу (на молодую горную страну или на древние платформенные структуры, например вулканы Африки). Вулканические конусы образуются за счет скоплений лавы и обломков горных пород, изверженных через длинные цилиндрические жерла. Это горы Маойн на Филиппинах, Фудзияма в Японии, Попокатепетль в Мексике, Мисти в Перу, Шаста в Калифорнии и др. Тепловые конусы имеют сходное с вулканическими конусами строение, но не так высоки и сложены в основном вулканическими шлаками — пористой вулканической породой, внешне похожей на пепел.

В зависимости от площадей, занимаемых горами, их строения и возраста выделяют горные пояса, горные системы, горные страны, горные цепи, горные хребты и поднятия более мелкого ранга.

Горным хребтом называется линейно вытянутая положительная форма рельефа, образованная крупными складками и имеющая значительную протяженность, большей частью в виде единой линии водораздела, вдоль которой расположены наиболее значительные высоты, с четко выраженными гребнями и склонами, обращенными в противоположные стороны.

Горная цепь — длинный горный хребет, вытянутый в направлении общего простирания складок и отделенный от смежных параллельных цепей продольными долинами.

Горная система — сформировавшаяся в течение одной геотектонической эпохи и имеющая пространственное единство и сходное строение совокупность горных хребтов, цепей, нагорий (обширных по площади горных поднятий, представляющих собой сочетание высоких равнин, горных хребтов и массивов, иногда чередующихся с широкими межгорными котловинами) и межгорных впадин.

Горная страна — совокупность горных систем, сформированных в одну геотектоническую эпоху, но имеющих различные структуру и внешний вид.

Горный пояс — наиболее крупная единица в классификации горного рельефа, соответствующая крупнейшим горным сооружениям, объединяющимся пространственно и по истории развития. Обычно горный пояс вытянут на многие тысячи километров. Примером может служить Альпийско-Гималайский горный пояс.

Равнина — один из важнейших элементов рельефа поверхности суши, дна морей и океанов, характеризующийся малыми колебаниями высот и незначительными уклонами.

Схема образования равнин показана на рис. 7.

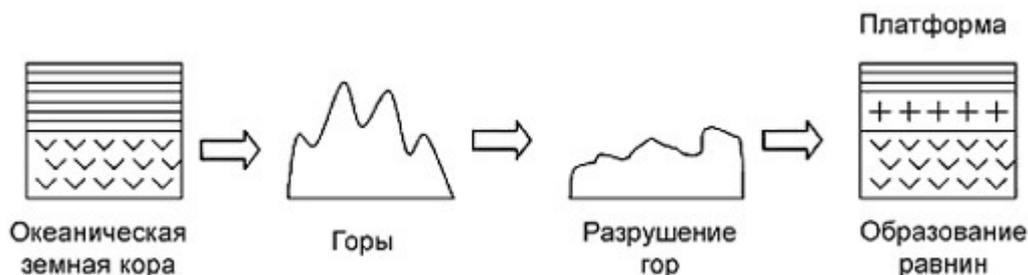


Рис. 7. Образование равнин

В зависимости от высоты среди равнин суши выделяют:

- низменности — имеющие абсолютную высоту от 0 до 200 м;
- возвышенности — не выше 500 м;
- плоскогорья.

Плоскогорье — обширный участок рельефа высотой от 500 до 1000 м и более с преобладанием плоских или слабоволнистых водораздельных поверхностей, разделенных иногда узкими, глубоко врезанными долинами.

Поверхность равнин может быть горизонтальной и наклонной. В зависимости от характера мезорельефа, осложняющего поверхность равнины, выделяют плоские, ступенчатые, террасированные, волнистые, увалистые, холмистые, бугристые и др. равнины.

По принципу преобладания действующих экзогенных процессов равнины подразделяют на денудационные, образовавшиеся в результате разрушения и сноса ранее существовавших неровностей рельефа, и аккумулятивные, возникшие в результате накопления толщ рыхлых отложений.

Денудационные равнины, поверхность которых близка к структурным поверхностям слабо нарушенного чехла, называются пластовыми.

Аккумулятивные равнины обычно подразделяются на вулканические, морские, аллювиальные, озерные, ледниковые и др. Распространены также аккумулятивные равнины сложного происхождения: озерно-аллювиальные, дельтово-морские, аллювиально-пролювиальные.

Общими особенностями рельефа планеты Земля являются следующие:

Суша занимает лишь 29 % поверхности Земли, что составляет 149 млн км². Основная масса суши сосредоточена в Северном полушарии.

Средняя высота суши Земли составляет 970 м.

На суше преобладают равнины и низкогорья высотой до 1000 м. Горные поднятия выше 4000 м занимают незначительную площадь.

Средняя глубина океана — 3704 м. В рельефе дна Мирового океана преобладают равнины. На долю глубоководных впадин и желобов приходится лишь около 1,5 % площади океана.

Дно Мирового океана по глубине разделено на следующие составные части: материковая отмель (шельф), материковый (береговой) склон, ложе, глубоководные (абиссальные) котловины (желоба) (рис. 2).

Материковая отмель — прибрежная часть морей и океанов, лежащая между берегом и материковым склоном. Эта бывшая прибрежная равнина в рельефе дна океана выражена мелководной слегка холмистой равниной. Ее образование связано в основном с опусканием отдельных участков суши. Подтверждением этого служит нахождение в пределах материковой отмели подводных долин, береговых террас, ископаемого льда, вечной мерзлоты, остатков наземных организмов и т. п. Материковые отмели отличаются обычно незначительным уклоном дна, который практически является горизонтальным. В среднем они понижаются от 0 до 200 м, однако в их пределах могут встречаться глубины и свыше 500 м. Рельеф материковой отмели тесно связан с рельефом прилегающей суши. У гористых берегов, как правило, материковая отмель узкая, а у равнинных побережий — широкая. Наибольшей ширины материковая отмель достигает у берегов Северной Америки — 1400 км, в Баренцевом и Южно-Китайском морях — 1200-1300 км. Обычно шельф покрыт обломочными породами, принесенными реками с суши или образовавшимися при разрушении берегов.

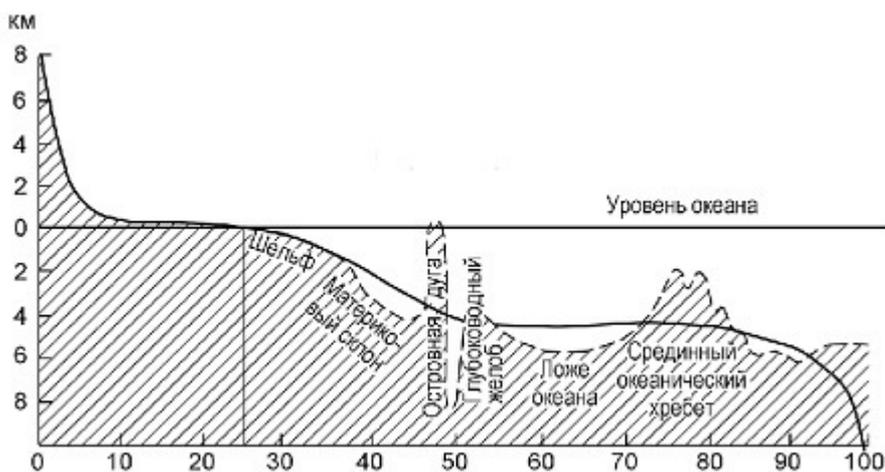


Рис. 2. Формы рельефа дна Мирового океана

Материковый склон - наклонная поверхность дна морей и океанов, соединяющая внешний край материковой отмели с ложем океана, простирающаяся до глубины 2-3 тыс. м. Имеет довольно большие углы наклона (в среднем 4-7°). Средняя ширина материкового склона составляет 65 км. У берегов коралловых и вулканических островов эти углы доходят до 20-40°, причем у коралловых островов встречаются углы и большей величины, почти вертикальные склоны — обрывы. Крутые материковые склоны приводят к тому, что на участках максимального наклона дна массы рыхлых осадков под действием силы тяжести сползают на глубины. В этих участках может быть обнаружено оголенное скатистое дно.

Рельеф материкового склона сложен. Часто дно материкового склона бывает изрезано узкими глубокими ущельями-каньонами. Они часто бывают у крутых скалистых берегов. Но каньонов нет на материковых склонах с пологим наклоном дна, а также там, где с внешней стороны материковой отмели имеются пени островов или подводных рифов. Вершины многих каньонов примыкают к устьям существующих ныне или древних рек. Поэтому каньоны рассматриваются как подводное продолжение затопленных русел рек.

Другим характерным элементом рельефа материкового склона являются подводные террасы. Таковы подводные террасы Японского моря, расположенные на глубине от 700 до 1200 м.

Ложе океана — основное пространство дна Мирового океана с преобладающими глубинами более 3000 м, простирающееся от подводной окраины материка в глубь океана. Площадь ложа океана составляет около 255 млн км², т. е. более 50 % дна Мирового океана. Ложе отличается незначительными углами наклона, в среднем они составляют 20-40°.

Рельеф ложа океана не менее сложен, чем рельеф суши. Важнейшими элементами его рельефа являются абиссальные равнины, океанические котловины, глубоководные хребты, срединно-океанические хребты, возвышенности и подводные плато.

В центральных частях океанов расположены срединно-океанические хребты, поднимающиеся на высоту 1-2 км и образующие сплошное кольцо поднятий в Южном полушарии на 40-60° ю. ш. От него на север отходят три хребта, простирающихся меридианально, в каждом океане: Срединно-Атлантический, Срединно-Индийский и Восточно-Тихоокеанский. Общая протяженность срединно-океанических хребтов — более 60 тыс. км.

Между срединными океаническими хребтами находятся глубоководные (абиссальные) равнины.

Абиссальные равнины — ровные поверхности дна Мирового океана, которые лежат на глубинах 2,5-5,5 км. Именно абиссальные равнины занимают

примерно 40 % площади ложа океанов. Одни из них плоские, другие волнистые с амплитудой высот до 1000 м. Одна равнина отделена от другой хребтами.

Часть одиночных гор, расположенных на абиссальных равнинах, выступает над поверхностью воды в виде островов. Большинство этих гор — потухшие или действующие вулканы.

Цепочки вулканических островов над зоной субдукции, возникающие там, где одна океаническая плита погружается под другую, называются островными дугами.

На мелководье в тропических морях (в основном в Тихом и Индийском океанах) образуются коралловые рифы — известковые геологические структуры, образованные колониальными коралловыми полипами и некоторыми видами водорослей, умеющих извлекать известь из морской воды.

Около 2 % океанического дна занимают глубоководные (свыше 6000 м) впадины — желоба. Они расположены там, где океаническая кора погружается под континенты. Это самые глубокие части океанов. Известно свыше 22 глубоководных впадин, из них 17 находятся в Тихом океане.

Построение геологического разреза с отражением литологии, стратиграфии

Геологические разрезы должны являться неотъемлемой частью средне- и крупномасштабных геологических карт, как рисунок, отображающий характер залегания горных пород на поверхности и на глубине. Составление геологических разрезов позволяет не только иллюстрировать строение участка земной коры, но также и изучать залегание пород и выявлять дополнительные структуры, уточнять представления о формах складчатых структур, их взаимоотношениях, уяснять положение разрывных нарушений, которые на поверхности бывают незаметны. Геологические разрезы обычно составляются по линиям через участки, наиболее важные для общей характеристики геологического строения. Линия разреза должна наноситься на карту только после того, как последняя прочитана на том участке, для которого составляется разрез. При знакомстве с залеганием пород на изучаемом участке необходимо обратить внимание в первую очередь на определение типов тектонических нарушений: выделить участки горизонтального залегания, участки с моноклинальным залеганием пород, участки складчатого строения, участки распространения изверженных горных пород и разрывных нарушений. При построении геологических разрезов через складчатые формы залегания пород следует вначале определить комплексы пород, которыми слагаются структурные формы: определить наиболее древние породы и стратиграфическую последовательность всех остальных пород до самых молодых отложений. Установить, какие возрастные горизонты в стратиграфическом разрезе отсутствуют, и причину их отсутствия на поверхности (размыв, перекрытие, выклинивание, дизъюнктивные нарушения). Не-

редко выявить причину отсутствия того или иного слоя или горизонта в стратиграфической последовательности бывает невозможно только по анализу участка построения разреза, в таком случае необходимо прочесть геологическую карту в смежных участках и по возможности установить причину отсутствия в разрезе этих слоев или горизонтов. Если отсутствующие на поверхности слои выходят на других соседних участках, то следует проследить их по простиранию и установить, где и в результате чего они исчезают на карте. При изображении разрывов на разрезах на профиль рельефа наносят точки выхода разрывов на поверхность. Затем показывают сместитель в соответствии с его направлением падения и углом падения. Если конкретных данных об ориентировке сместителя нет, то сместители обычно показываются вертикальными. При построении геологического разреза через структуры, нарушенные разрывами, последние на разрез наносятся первыми. По существу разрез делится разрывами на отдельные отрезки или блоки, в пределах которых горные породы изображаются без связи со смежными участками. В том случае, если сместитель пересекает один и тот же слой, или стратиграфический горизонт, то его изображение на разрезе на разных крыльях разрыва позволит определить амплитуду его смещения. Если на геологической карте участка построения геологического разреза выделяются структурные этажи, т. е. комплексы слоев, отличающихся формами залегания и падением, тогда требуется определить, какие породы входят в каждый структурный этаж и каковы соотношения в залегании между породами каждого комплекса. В складчатых формах необходимо определить расположение антиклиналей и синклиналей, пользуясь таблицей условных возрастных обозначений горных пород. На карте следует проследить расположение шарниров этих складок. Шарниры и осевые линии складок на геологической карте определяются по точкам максимумов перегибов слоев, в замковых частях периклинальных или центриклинальных окончаний складок. По ширине выходов слоев на крыльях складок и в их периклинальных и центриклинальных замыканиях необходимо определить типы складок, пересекаемых линией разреза, уточнить положение осевых поверхностей и определить направление падения слоев, относительную крутизну их наклона. Если линия геологического разреза пересекает поверхность разрывного нарушения, то необходимо определить, к какому типу это нарушение по своей форме относится. Вертикальные сместители на геологических картах обычно выглядят в виде прямых линий, протягивающихся в определенном направлении независимо от пересекаемых ими форм рельефа. Крутопадающие сместители тоже на карте практически имеют след от пересечения рельефа местности в виде прямых линий. Только при очень пологом падении сместителей и несколько изрезанном, со значительными относительными превышениями точек рельефа, линии надвигов бу-

дут извилисты, и формы их целиком будут объясняться рельефом местности. Строить геологический разрез приходится с учетом или без учета рельефа. Когда рельеф плоский без больших относительных превышений и линия намечаемого разреза проходит через складчатые и разрывные формы, то при построении разреза не приходится учитывать рельеф местности. При мелком масштабе разреза превышения точек в рельефе с амплитудой в 50 и даже 100 м не будут выражены на топографическом профиле. Более сложно прочесть геологическую карту и построить геологический разрез, если на карте рельеф местности не отображен горизонталями. На геологических картах мелкого масштаба, особенно на обзорных геологических картах, рельеф отображается отдельными высотными отметками, расположением рек и их притоков. Линии разрезов через складчатые формы обычно наносятся на картах вкрест простирания слоев, так как на разрезах, составленных по падению пород, отображаются истинные углы наклона пород и истинные мощности слоев. Геологические разрезы, составленные по линиям, отклоняющимся от направлений падения слоев, показывают искаженные углы падения пород и измененные мощности. При построении учебного геологического разреза необходимо учесть, что условно принимается мощность каждого в отдельности складчатого слоя неизменяющейся. Поэтому если один и тот же слой выходит на дневную поверхность в нескольких участках и слагает различные крылья складок, имея разную ширину полос выхода, то это объясняется только различными углами падения слоя. Расширение полосы выхода слоя на карте объясняется уменьшением угла падения, а сужение полосы выхода слоя обуславливается увеличением угла его падения. При вертикальном расположении слоя ширина полосы его выхода будет равна истинной мощности слоя. Это необходимо иметь в виду при определении относительных углов падения слоев на разрезах через складчатые формы залегания пород.

Тема 2.2. Общие сведения о подземных водах

К подземным водам относятся все воды, находящиеся в почвах и горных породах ниже поверхности Земли. Они являются частью водной оболочки Земли – гидросферы, очень тесным образом связаны с поверхностными водами (реки, озёра, моря, океаны) и водами атмосферы. Вследствие такой взаимосвязи подземные воды участвуют в общем круговороте воды в природе.

По условиям залегания и гидравлическим признакам подземные воды верхней зоны земной коры подразделяются на :

1. безнапорные (со свободной поверхностью),
2. напорные, или артезианские.

1. Безнапорные воды подразделяются на три типа:

- а) верховодка,
- б) грунтовые воды,
- в) межпластовые воды.

Верховодка образуется в пределах зоны аэрации на сравнительно небольшой глубине от поверхности Земли в результате инфильтрации атмосферных осадков. По существу это временное скопление воды на отдельных линзах водонепроницаемых пород среди водопроницаемых. Мощность водонасыщенных слоёв верховодки колеблется обычно от 0,5 до 2-3 м, редко больше. Это зависит от размера водоупорных линз и количества атмосферных осадков.

Грунтовые воды приурочены к первому от поверхности водопроницаемому слою, расположенному на первом от поверхности водонепроницаемом слое. Они могут накапливаться как в рыхлых пористых породах, так и в трещиноватых и закарстованных горных породах. Грунтовые воды по гидравлическим особенностям безнапорные со свободной поверхностью. Выше уровня грунтовых вод располагается капиллярная кайма.

Межпластовые безнапорные воды находятся между двумя водоупорными слоями. Обычно такие воды развиты в условиях расчленённого рельефа и залегают выше базиса. Они не заполняют полость водоносного слоя и выходят в виде источников в береговых склонах оврагов и рек. В целом межпластовые воды являются проточными и по условиям передвижения аналогичны нисходящим грунтовым водам.

2. Напорные, или артезианские, межпластовые воды к ним относятся подземные воды водоносных горизонтов, перекрытых и подстилающихся водонепроницаемыми пластами горных пород и располагающихся на больших пространствах и глубинах вне сферы воздействия местных дрен.

Состав подземных вод зависит от их происхождения, а также от степени и характера водообмена и взаимодействия с горными породами по которым они протекают. В процессе движения подземных вод происходят выщелачивание горных пород или включений в них и обогащение вод минеральными солями. Общую минерализацию подземных вод составляет сумма растворенных в них веществ. Она обычно выражается в г/л или мг/л. В глубинных водах (в погруженных частях структур) в условиях затрудненного водообмена происходят наибольшая концентрация растворенных веществ и значительное увеличение общей минерализации. К настоящему времени опубликовано много классификаций подземных вод по их минерализации и химическому составу. В классификации В. И. Вернадского, О. А. Алексина, А.М. Овчинникова и других выделяются четыре группы подземных вод:

- пресные - с общей минерализацией до 1 г/л;

- солоноватые - от 1 до 10 г/л;
- соленые - от 10 до 50 г/л;
- рассолы - свыше 50 г/л.

По температуре подземные воды подразделяются на четыре типа:

холодные с температурой ниже 20° С;

теплые (20-37° С);

горячие (37-42° С);

очень горячие (термы) с температурой свыше 42° С.

В практике существенное значение при характеристике и оценке подземных вод имеет не только общее содержание растворенных солей, но и состав этих солей. В зависимости от преобладания растворенных в воде солей различают воды гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные, а по катионам — кальциевые, магниевые и натриевые.

Помимо солей в подземных водах всегда содержатся различные газы — углекислота, азот, сероводород и др., часто имеющие большое практическое значение. В зависимости от практической значимости растворенного в воде газа различают углекислые, сероводородные, радоновые и другие виды подземных вод. В большинстве случаев подобные воды имеют лечебное значение. Подземные воды, обладающие теми или иными лечебными свойствами, называются бальнеологическими.

Подземные воды, содержащие в растворенном виде какое-либо вещество в концентрациях, при которых возможно извлечение этого вещества, называются промышленными: йодные, бром-йодные, бромные и т. п.

По условиям образования подземные воды подразделяются на различные группы, из которых важнейшее значение имеют воды инфильтрационные и частично конденсационные.

По условиям залегания и характеру вмещающих горных пород подземные воды делятся на следующие типы:

поровые, залегающие и циркулирующие в порах горных пород, которые слагают самую поверхностную часть земной коры;

пластовые, залегающие и циркулирующие в порах или трещинах осадочных горных пород, перекрываемых и подстилаемых водоупорными породами; в свою очередь подразделяются на порово-пластовые и трещинно-пластовые;

трещинные, циркулирующие в скальных (магматических, метаморфических и осадочных породах, пронизанных равномерной трещиноватостью;

карстовые, циркулирующие в массивах карбонатных, гипсоносных и соленосных раскарстованных пород;

трещинно-жилые, циркулирующие в отдельных тектонических трещинах и зонах тектонических разломов.

По гидравлическим свойствам подземные воды делятся на без напорные, или воды со свободной поверхностью, и напорные, когда водоносный горизонт перекрыт сверху водоупорной породой и находящаяся в нем подземная вода испытывает гидростатическое давление, обуславливающее напор.

В зависимости от возраста водовмещающих пород подземным водам присваивается соответствующее наименование: воды каменноугольных отложений, юрских, меловых, третичных и т. п.

При гидрогеологических исследованиях определяются следующие главные физические свойства подземных вод: температура, цвет, прозрачность, вкус, запах и удельный вес.

Температура подземных вод изменяется в широких пределах. В высокогорных районах и в области распространения многолетней мерзлоты она низкая; высокоминерализованные воды местами имеют даже отрицательную температуру (-5°C и ниже). В районах молодой вулканической деятельности, а также в местах выходов гейзеров (Камчатка, Исландия и др.) температура воды иногда превышает 100°C . Температура неглубоко залегающих подземных вод. В средних широтах обычно изменяется в пределах $5-12^{\circ}\text{C}$ и обуславливается местными климатическими (в основном) и гидрогеологическими условиями.

Цвет подземных вод зависит от имеющихся в них механических или органических примесей. Желтоватый и буроватый цвета воде придают органические примеси; закисные соединения железа и сероводород придают ей зеленовато-голубую окраску. В большинстве своем подземные воды бесцветны. Цвет воды определяют в градусах путем сравнения с эталоном цветности. Удовлетворительной считается вода с цветностью не свыше 20° .

Прозрачность подземных вод зависит от содержания механических примесей, коллоидов и органических веществ. Прозрачность определяют при помощи цилиндра высотой 30-40 см, который ставят на специальный шрифт, затем через кран выпускают воду из цилиндра до тех пор, пока через оставшийся слой воды не будет ясно виден этот шрифт. Высота оставшегося столба воды в сантиметрах и определяет степень прозрачности воды. Удовлетворительной считается вода при слое ее не менее 30 см.

Вкус подземной воде придают растворенные минеральные вещества, газы и примеси. Хлористый натрий придает ей сладковатый вкус при содержании до 500 мг/л и соленый при содержании более 600 мг.л, сульфаты магния — горький, соли железа — терпкий, органические вещества — сладковатый, гидрокарбонаты кальция и магния, а также свободная углекислота — приятный освежающий вкус. Слабоминерализованные дождевые воды имеют неприятный вкус. Вкус определяется по воде, подогретой до $20-30^{\circ}\text{C}$. Следует иметь в виду, что вкусовые ощущения субъективны.

Запах в подземных водах обычно отсутствует. Однако иногда подземная вода имеет запах тухлых яиц (наличие сероводорода), «болотный» запах, гнилостный, запах плесени и др. Питьевая вода не должна иметь запаха. Для точного определения запаха воду подогревают до температуры 40-50° С. Интенсивность запаха оценивается по пятибалльной шкале.

Удельный вес воды примерно характеризует ее минерализацию, выражаемую в градусах Боме; один градус Боме соответствует 1% весового содержания в воде хлористого натрия. Ориентировочное определение удельного веса воды проводят при помощи солемера, точнее — с помощью пикнометра.

Перечень рекомендуемой литературы

Основные источники

1. Основы инженерной геологии, геоморфологии и почвоведения: Платов Н.А.- М.: Академия, 2014. – 144с.
2. Геология: Короновский Н.В.- М.: Академия, 2011.
3. Основы инженерной геологии: Платов Н.А.- М.: ИНФРА-М, 2012,- 192с.

Дополнительные источники

1. Геоморфология: Болтрамович С. Ф., Жиров А. И., Ласточкин А. Н.- М.: «Академия», 2005. – 528с.
2. Геология. Курс лекций: Бондарев В.П.- М.: «ИНФРА-М», 2004. – 224с
3. Основы гидрогеологии: Всеволожский В.А.- М.: «Наука», 2007. – 448 с.
4. Инженерная геология : Передельский Л. В., Приходченко О.Е.- Ростов: «Феникс», 2006. – 448с.
5. Основы инженерной геологии: Платов Н.А.-М.: «ИНФРА-М», 2005. – 174с
6. Общая геоморфология: Рычагов Г. И.- М.: «Наука», 2006. – 416 с.
7. Почвоведение с основами геологии: Ковриго В.П.- М.: КолоСС, 2008

Интернет-ресурсы (И-Р)

И-Р 1 [ru.wikipedia.org> wiki/ геология](http://ru.wikipedia.org/wiki/геология)

И-Р 2 [ru.wikipedia.org> wiki/ геоморфология](http://ru.wikipedia.org/wiki/геоморфология)

Учебное издание

Е.Г. Чапурина

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ И ГЕОМОРФОЛОГИИ

Учебное пособие по изучению дисциплины

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 20.07.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,20. Тираж 100 экз. Изд. № 3149.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ