

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА

Е.А. Леонова

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ПО МИНЕРАЛАМ  
И ГОРНЫМ ПОРОДАМ**

*Часть 2 Горные породы  
в нефтегазовом  
деле*

Москва  
2005



Министерство образования и науки Российской Федерации

Российский государственный университет нефти и газа  
им. И.М.Губкина

---

Кафедра геологии

**Леонова Е.А.**

**Учебное пособие по минералам  
и горным породам.**

**Часть 2 Горные породы  
в нефтегазовом деле**

под редакцией профессора Гаврилова В.П.

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по нефтегазовому образованию в качестве учебного пособия для подготовки дипломированных специалистов по специальности 130304 "Геология нефти и газа", а также подготовки дипломированных специалистов по специальностям 130501 "Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ", 130503 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" направления 130500 «Нефтегазовое дело» и специальности 130601 "Морские нефтегазовые сооружения" направления 130600 «Оборудование и агрегаты нефтегазового производства»

Москва  
2005 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие	5
Введение	7
<b>Магматические горные породы</b>	<b>10</b>
Генезис	10
Классификация	12
Формы залегания	13
Формы залегания интрузивных пород	13
Формы залегания эффузивных пород	18
Химический и минеральный состав	27
Цвет	32
Структура	33
Текстура	35
Отдельность	38
Удельный вес (плотность)	40
Описание основных магматических пород.	42
Интрузивные породы.	42
Пегматит	42
Гранит	43
Сиенит	45
Диорит	46
Габбро	47
Лабрадорит	49
Дунит	50
Перидотит	51
Пироксенит	52
Эффузивные породы.	53
Кайнотипные (неизменённые)	53
Липарит	53
Трахит	55
Андезит	56
Базальт	57
Палеотипные (изменённые)	58
Кварцевый порфир	58
Полевошпатовый порфир	60
Порфирит	60
Диабаз	61
Вулканические породы.	62
Пемза	62
Вулканический туф	63
Обсидиан	64
Сводная таблица основных типов магматических пород.	65
<b>Осадочные горные породы.</b>	<b>70</b>
Генезис	70
Формы залегания. Горный компас.	80
Цвет	87
Удельный вес.	90
Классификация	90

Структура	90
Текстура	93
Текстура поверхности слоя.	94
Внутрислоевые текстуры	103
Отдельность	105
Цемент	105
Пористость	107
Проницаемость	109
Описание основных типов осадочных горных пород	111
Обломочные породы	111
Глыба	112
Валун	113
Щебень	113
Галька	114
Галечник	115
Дресва	115
Гравий	115
Брекчия	116
Конгломерат	117
Песок	118
Песчаник	119
Алеврит	120
Алевролит	122
Глина	122
Аргиллит	124
Хемогенные породы	124
Карбонатные породы	125
Известняк хемогенный	125
Известковый туф	126
Оолитовый известняк	126
Доломит хемогенный	127
Сидерит	128
Галогенные породы	129
Каменная соль	129
Сильвинит	131
Гипс	131
Ангидрит	133
Фосфатные породы	134
Фосфорит	134
Кремнистые породы	135
Кремень	136
Кремнистый туф	137
Алюминистые породы	138
Бокситы	138
Железистые породы	140
Бурый железняк	140
Органогенные породы	141
Карбонатные породы	141

Органогенный известняк	141
Мел	143
Доломит органогенный	144
Кремнистые породы	145
Диаомит	145
Каустобиолиты	146
Торф	146
Ископаемый уголь	147
Нефть	150
Асфальт	152
Озокерит	152
Горючие сланцы	153
Осадочные горные породы смешанного генезиса	154
Трепел	154
Опока	154
Мергель	155
Сводная таблица основных типов осадочных пород.	156
<b>Метаморфические горные породы.</b>	<b>168</b>
Факторы метаморфизма	169
Типы метаморфизма	170
Структура	173
Текстура	173
Отдельность	175
Формы залегания	175
Описание основных типов метаморфических пород	176
Породы регионального метаморфизма	176
Глинистый сланец	176
Филлит	177
Слюдяной сланец	178
Кварцит	179
Гнейс	179
Мрамор	180
Яшма	181
Тальковый сланец	182
Хлоритовый сланец	183
Роговообманковый сланец	183
Амфиболит	183
Серпентинит	184
Эклогит	184
Породы динамометаморфизма	185
Тектоническая брекчия	185
Милонит	185
Породы контактового метаморфизма	186
Роговики	186
Скарны	187
Сводная таблица основных типов метаморфических пород.	188
Литература.	193

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На кафедре геологии Российского государственного университета нефти и газа им. И.М.Губкина традиционно читается курс «Общая геология» для студентов факультетов геологии и геофизики нефти и газа; разработки нефтяных и газовых месторождений; проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта и инженерной механики. Таким образом, ежегодно более 300 студентов университета работают с кафедральной коллекцией минералов и горных пород, причём значительная часть времени отводится на самостоятельное изучение. Между тем кафедра не располагала современным учебным пособием по этим вопросам, с помощью которого студенты могли бы самостоятельно и под руководством преподавателя получать системные знания и устойчивые навыки определения минералов и горных пород. С целью восполнения этого пробела подготовлено настоящее учебное пособие, состоящее из двух частей: часть I – «Породообразующие минералы», часть II – «Горные породы».

В учебном пособии, посвященном горным породам, содержатся основные сведения по генезису, условиям нахождения пород в природе, их свойствам. Акцент делается на макроскопической диагностике пород, позволяющей в полевых условиях определить и классифицировать горную породу.

В пособии приводится классификация горных пород, даётся описание основных представителей каждой группы пород: магматических, осадочных и метаморфических.

С целью упрощения усвоения материала, его систематизации, в конце каждого раздела, посвященного определенной группе пород, приводится сводная таблица характеристик основных пород данного раздела. С её помощью студент может самостоятельно изучать и определять горные породы по их признакам.

Для повышения эффективности самостоятельной работы подготовлена электронная версия учебного пособия. Информация записана на CD и любой студент может ею воспользоваться на кафедре. Кроме того, пособие опубликовано в Интернете по адресу: [http://www.gubkin.ru/start.php?id\\_site=58&id\\_page=1467](http://www.gubkin.ru/start.php?id_site=58&id_page=1467).

В основу настоящего пособия положены обширные материалы, накопленные на кафедре геологии по минералам и горным породам. Учтён богатый опыт преподавания этих тем профессорско-преподавательским составом кафедры, которому автор выражает искреннюю признательность.

Пособие насыщено фотографиями горных пород, часть из которых любезно предоставлена минералогическим музеем кафедры литологии.

При составлении пособия использовался также обширный материал интернет-сайтов.

С замечаниями и пожеланиями по совершенствованию пособия автор просит обращаться на кафедру геологии РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина по адресу: 119991, ГСП-1, г.Москва, В-296, Ленинский проспект, 65, аб. 105. E-mail: LeonovaE@gubkin.ru.

## ВВЕДЕНИЕ.

Горными породами называют образования, состоящие из отдельных минералов и их ассоциаций, характеризующиеся относительно постоянным составом и образовавшиеся в определённых геологических условиях внутри Земли, или на её поверхности. Горные породы, содержащие полезные компоненты и отдельные минералы, извлечение которых экономически целесообразно, называют полезными ископаемыми.

Изучением состава, происхождения и физических свойств горных пород занимаются две связанные между собой науки - петрография и петрология<sup>1</sup>.

Всю историю развития петрографии подразделяют на два основных этапа – до и после введения микроскопа.

До использования поляризационного микроскопа горные породы изучались сначала визуально, а затем посредством лупы и химических анализов, методика которых была далека от совершенства. В этот период, в 1742 г. М.В.Ломоносов опубликовал геологическую работу «О слоях Земли», где выделил три генетических класса горных пород: первичные (магматические) породы, вторичные хрупкие (т.е. осадочные, но не подвергшиеся диагенезу<sup>2</sup>) и вторичные плотные (породы, подвергшиеся диагенетическим преобразованиям – песчаники, известняки, глинистые сланцы).



**Рис.1** Шлифы магматических горных пород под микроскопом.  
(Попов В.С., 1998)

Как самостоятельная наука петрография возникла в 1858 году, когда английский естествоиспытатель Генри Клифтон Сорби (1826-1908) впервые применил поляризационный микроскоп для изучения тонких прозрачных срезов горной породы. Этот прибор продолжа-

Как самостоятельная наука петрография возникла в 1858 году, когда английский естествоиспытатель Генри Клифтон Сорби (1826-1908) впервые применил поляризационный микроскоп для изучения тонких прозрачных срезов горной породы. Этот прибор продолжа-

<sup>1</sup> *Петрография* (греч. петрос – камень, графо - пишу) – описательная наука, которая исследует состав и строение горных пород, разрабатывает классификации. *Петрология* (греч. петрос – камень, логос - учение) – теоретическая наука о происхождении и условиях формирования горных пород. Часто эти термины рассматриваются как синонимы

<sup>2</sup> *Диагенез* (от греч. dia - приставка, означающая здесь завершённость действия, и генез – происхождение, возникновение) - совокупность природных процессов преобразования рыхлых осадков на дне водных бассейнов в осадочные горные породы в условиях верхней зоны земной коры.

ет оставаться одним из главных инструментов петрографов и в наши дни.

В оптическую систему петрографического микроскопа вставлены два поляроида с плоскостями поляризации света, повернутыми друг относительно друга на  $90^\circ$ . Если поместить шлиф<sup>3</sup> (рис. 1) между поляроидами, то при прохождении света сквозь кристаллы, составляющие горную породу, возникают эффекты преломления и интерференции, позволяющие точно измерить оптические константы и по ним определить соответствующие минералы. Кроме того, под микроскопом можно выявить важные детали строения горных пород, которые не видны невооруженным глазом.

Применение поляризационного микроскопа позволило перейти от поверхностных визуальных наблюдений к точному научному исследованию горных пород, определению их полного минерального состава, структуры, а также изучению оптических свойств слагающих их минералов.

Петрографические открытия продолжались и на протяжении всего XX века, а самые последние из них сделаны всего несколько лет назад. В частности, такие магматические породы как коматиит, бонинит и онгонит открыты и подробно изучены лишь в наши дни (Попов В.С., 1998).

Состав, строение и условия залегания горных пород зависят от формирующих их геологических процессов, происходящих в определённой обстановке внутри земной коры или на её поверхности. В соответствии с главными геологическими процессами, приводящими к образованию горных пород, среди них различают три генетических типа: магматические, осадочные и метаморфические.

**Магматические**<sup>4</sup> породы образовались непосредственно из магмы (расплавленной массы преимущественно силикатного состава), в результате ее охлаждения и застывания. В зависимости от условий застывания различают интрузивные (глубинные) и эффузивные (излившиеся) горные породы.

**Интрузивные** породы возникли в результате постепенного остывания магмы, при высоком давлении внутри земной коры, благодаря чему образовались массивные плотные породы с полнокристаллической структурой (гранит, лабрадорит, габбро).

**Эффузивные** породы возникли при излиянии лавы<sup>5</sup>, которая быстро остывала на поверхности земли, при

<sup>3</sup> Шлиф – тонкий (до 3 мм) срез горной породы.

<sup>4</sup> Магма (от греч. μάγμα — густая мазь), расплавленная масса преимущественно силикатного состава, образующаяся в глубинных зонах Земли.

<sup>5</sup> Лава (итал. lava, от лат. labes — обвал, падение), огненно-жидкий, преимущественно силикатный расплав, изливающийся во время вулканических извержений на земную поверхность. Отличается от магмы отсутствием газов, улетающих при извержении.

низкой температуре и давлении. Времени для образования кристаллов было недостаточно, поэтому породы этой группы имеют скрыто - или мелкокристаллическую структуру и большую пористость (порфир, базальт, вулканический туф, пепел, пемза и др.).

О с а д о ч н ы е г о р н ы е п о р о д ы образуются в результате разрушения различных горных пород, переотложения продуктов выветривания и химического и механического выпадения осадка из воды, жизнедеятельности организмов или всех трёх процессов одновременно (песок, известняк, доломит и др.).

М е т а м о р ф и ч е с к и е п о р о д ы образовались путем преобразования магматических, осадочных и самих метаморфических горных пород под воздействием высокой температуры, давления и различных химических процессов (мрамор, кварцит, гнейсы, сланцы).

Магматические и метаморфические горные породы слагают около 90% объёма земной коры, остальные 10% приходятся на долю осадочных пород, однако последние занимают 75% площади земной поверхности.

Помимо генезиса горные породы различаются по химическому, и минеральному составу, структуре<sup>6</sup> и текстуре<sup>7</sup> пород.

Если горные породы состоят из одного главного минерала, их называют м о н о м и н е р а л ь н ы м и , а если из нескольких – п о л и м и н е р а л ь н ы м и .

В настоящем пособии речь пойдет о макроскопическом изучении и определении пород по их свойствам.

---

<sup>6</sup> *Структура* – совокупность признаков строения породы, обусловленных размерами, формой и взаимоотношениями ее составных частей.

<sup>7</sup> *Текстура* породы определяется распределением ее составных частей в пространстве.

## **МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ.**

Магматические породы образуются, как уже говорилось, путем консолидации магматического расплава. В зависимости от того, на какой глубине происходит этот процесс, среди магматических пород выделяют:

**И н т р у з и в н ы е** (лат. "интрузио" - проникаю, внедрять) (глубинные, абиссальные), которые кристаллизуются на больших глубинах в толще земной коры среди других горных пород. Интрузивные горные породы формируются в условиях медленного понижения температуры при высоком всестороннем давлении в глубинах земной коры, вследствие чего обладают полнокристаллической, крупнозернистой структурой. Среди пород этой группы иногда выделяют глубинные (абиссальные), возникшие на значительных глубинах и полуглубинные (гипабиссальные) породы, которые формируются ближе к поверхности земли, при более быстрых снижениях температуры в условиях более низкого давления;

**Э ф ф у з и в н ы е** (лат. "эффузио" - излияние) (излившиеся, вулканические), застывшие на дневной поверхности в результате излияния магмы в виде лавы при вулканических извержениях. Эффузивные горные породы вследствие быстрого застывания обычно мелкозернисты и частично, а иногда полностью состоят из стекла. Часто в них встречаются более крупные кристаллы вкрапленники.

Помимо генезиса, магматические горные породы различаются по условиям залегания, химическому и минеральному составу, текстуре и структуре.

### ***Г е н е з и с м а г м а т и ч е с к и х г о р - н ы х п о р о д .***

**М а г м а** (греч.— месиво, густая мазь) представляет собой природный, чаще всего силикатный, огненно-жидкий расплав, возникающий в коре или в верхней мантии и при остывании дающий магматические горные породы (рис. 2).

В магме содержатся практически все химические элементы таблицы Менделеева, среди которых: Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Ti, Na, а также различные летучие компоненты (кислород, окислы углерода, сероводород, водород, фтор, хлор и др.) и парообразная вода. Летучие компоненты при кристаллизации магмы на глубине частично входят в состав различных минералов (амфиболов, слюд и прочих). В редких случаях отмечаются магматические расплавы несиликат-

ного состава, например щёлочно-карбонатного (вулканы Восточной Африки) или сульфидного. По мере продвижения магмы вверх, количество летучих компонентов сокращается. Дегазированная магма, излившаяся на поверхность, называется л а в о й .



**Рис.2** *Магматический поток.*

Изучив распространение различных магматических пород на поверхности Земли и показав преимущественное распространение базальтов и гранитов, советский геолог Ф.Ю.Левинсон-Лессинг предположил, что все известные магматические породы образовались за счёт двух родоначальных магм: основной (базальтовой), богатой Mg, Fe и Ca с содержанием  $\text{SiO}_2$  от 40 до 55 весовых % и кислой (гранитной), богатой щелочными металлами, содержа-

щей от 65 до 78%  $\text{SiO}_2$ .

Английский геолог А. Холмс выдвинул гипотезу о наличии помимо основной и кислой также ультраосновной (перидотитовой) магмы, исторгаемой непосредственно из подкоровых очагов, содержащей менее 40%  $\text{SiO}_2$  обогащенной Mg и Fe. Позднее, когда в конце 20-х годов 20 века было установлено, что вулканы изливают главным образом основную магму (лаву), а кислые породы встречаются только в виде интрузивных образований, американский петролог Н. Боуэн высказал гипотезу о существовании лишь одной родоначальной магмы - базальтовой, а образование гранитов объяснял как результат кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы в процессе её застывания. В конце 50-х годов Н. Боуэн доказал возможность существования гранитной магмы в условиях высоких давлений, присутствия воды (2-4%), при температуре около  $600^\circ\text{C}$ .

Базальтовая (основная) магма, по-видимому, имеет большее распространение. В ней содержится около 50 % кремнезема, в значительном количестве присутствуют алюминий, кальций, железо и магний, в меньшем — натрий, калий, титан и фосфор.

По химическому составу базальтовые магмы подразделяются на толеитовую (перенасыщена кремнеземом) и щелочно-базальтовую (оливин-базальтовую) магму, (недонасыщенную кремнеземом, но обогащенную щелочами).

Гранитная (риолитовая, кислая) магма содержит 60—65% кремнезема, она имеет меньшую плотность, более вязкая, менее

подвижная, в большей степени, чем базальтовая магма насыщена газами.

В зависимости от характера движения магмы и места ее застывания различают два типа магматизма: *интрузивный* и *эффузивный*. В первом случае магма остывает и кристаллизуется на глубине, в недрах Земли, во втором — на земной поверхности.

Каким же образом магма превращается в горную породу? Кристаллизация происходит не мгновенно, а постепенно. С падением температуры появляются первые кристаллы, которые сосуществуют с жидкостью. Дальнейшее падение температуры будет приводить к кристаллизации все новых и новых минералов, пока не кристаллизуется весь расплав. Охлаждение и потеря летучих компонентов оказывают на расплав одинаковое влияние.

Любой магматический расплав состоит из жидкости, газа и твердых кристаллов, которые стремятся к равновесному состоянию. В зависимости от изменения температуры, давления, состава газов и т.д. меняются расплав и образовавшиеся в нем ранее кристаллы минералов - одни растворяются, другие возникают вновь, и весь объем магмы непрерывно эволюционирует.

## *К л а с с и ф и к а ц и я   м а г м а т и ч е - с к и х   г о р н ы х   п о р о д .*

История создания научной систематики восходит к прошлому столетию, классическим трудам К.Розенбуша<sup>8</sup>, Ф.Ю.Левинсон-Лессинга и других основоположников современной петрографии-петрологии.

Координация петрографических и петрологических исследований в РФ возложена на Петрографический Комитет, созданный в июле 1962 г.

В настоящее время он функционирует как Межведомственный Петрографический Комитет при Отделении Наук о Земле Российской Академии Наук по согласованию с Министерством природных ресурсов РФ и Министерством образования РФ и базируется в Москве, в ИГЕМ РАН.

Межведомственный Петрографический Комитет организовал специальную комиссию по номенклатуре и терминологии магматических горных пород. Комиссия от имени комитета и от имени От-

---

<sup>8</sup> РОЗЕНБУШ (Rosenbusch) Карл Генрих Фердинанд (1836-1914), немецкий петрограф и геолог. Один из авторов физико-оптического метода определения минералов в тонких прозрачных шлифах горных пород; усовершенствовал поляризационный микроскоп.

дела петрографии Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН) (ныне Лаборатория петрографии им. акад. А.Н.Заварицкого) публиковала свои варианты "Классификации" в 1969, 1971, и 1983-84 гг. Последний вариант национальной классификации был утвержден МПК 28 декабря 1994 года и опубликован в "Петрографическом кодексе" 1995 года. Каждый из названных вариантов вносил дополнения и изменения в предыдущий, хотя принципиальные основы классификации в течение последних 15 лет не изменились.

В основу классификации магматических положен их генезис, химический и минеральный состав.

По генезису магматические горные породы подразделяются на эффузивные и интрузивные.

По степени вторичных изменений эффузивные породы делятся на кайнотипные, «молодые», неизменённые, и палеотипные, «древние», в той или иной степени изменённые и перекристаллизованные главным образом под влиянием времени. К эффузивным породам относятся также вулканогенно-обломочные породы, образующиеся при извержениях вулканов и состоящие из различных обломков (пирокластитов). Такие породы называются пирокластическими.

В основе химической классификации лежит процентное содержание кремнезёма ( $\text{SiO}_2$ ) в породе. По этому показателю выделяют ультракислые, кислые, средние, основные и ультраосновные породы, о чём подробно рассказывается ниже при описании химического состава магматических горных пород.

## **Ф о р м ы   з а л е г а н и я   м а г м а т и - ч е с к и х   г о р н ы х   п о р о д .**

### **Ф о р м ы   з а л е г а н и я   и н т р у з и в н ы х п о р о д .**

Внедрение магмы в различные горные породы, слагающие земную кору, приводит к образованию интрузивных тел (интрузивы, интрузивные массивы, плутонны<sup>9</sup>).

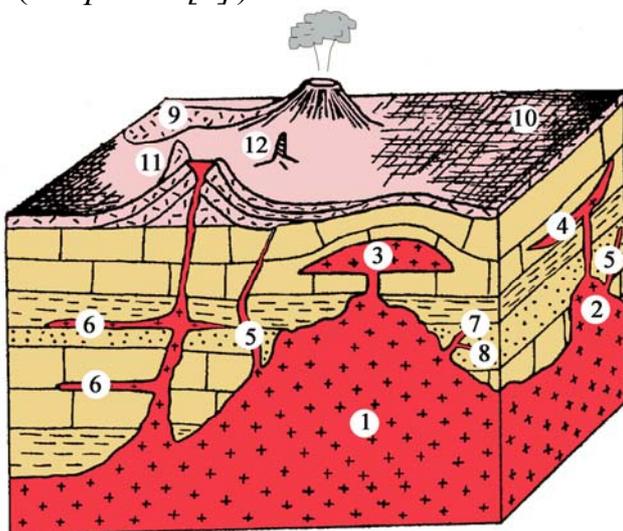
Выделяют следующие типы глубинных тел (интрузий) (рис. 3): среди согласных – силлы (залежь, пластовая интрузия), лополит, эт-

---

<sup>9</sup> Термин *плутоническая порода* употребляется для пород с явнокристаллической структурой, где кристаллы могут быть различимы невооруженным глазом. Предполагается, что такие породы формировались на значительных глубинах.

молит, лакколит, бисмалит, факолит; среди несогласных — хонолит, дайка, апофиза, центральная кольцевая интрузия (кольцевая дайка, субвулкан), батолит, шток и гарполит.

**Б а т о л и т ы** (греч. *báthos* - глубина и *líthos* - камень) - крупные неправильной формы массивы интрузивных пород, уходящие на значительную глубину. Площадь батолитов может достигать нескольких тысяч квадратных километров. Они часто встречаются в центральных частях складчатых гор, где их простираие в целом соответствует простираию горной системы. Однако обычно батолиты секут основные структуры. Батолиты сложены крупнозернистыми магматическими породами (гранитами, сиенитами и др.). Поверхность батолита может быть очень неровной с наростами, выступами и отрогками. К тому же в верхней части батолита могут располагаться большие призмы материнских пород, которые называются останцами кровли. Как и многие другие интрузивные тела, батолиты окружены зоной (ореолом) пород, измененных (метаморфизованных) в результате термического воздействия магмы. Образуются батолиты на значительной глубине и обнажаются в результате интенсивной эрозии. Формируются либо в результате внедрения гранитной магмы, либо в результате метасоматической гранитизации. Обычно процесс образования батолитов складывается из внедрения магмы, ее кристаллизации и последующего метасоматоза (см. рис. 3 [1]).



**Рис.3** *Формы залегания магматических горных пород.*

*Интрузии: 1 – батолит, 2 – шток, 3 – лакколит, 4 – лополит, 5 – дайка, 6 – силл, 7 – жила, 8 – апофиза.  
Эффузивы: 9 – лавовый поток, 10 – лавовый покров, 11 – купол, 12 – некк.*

**Ш т о к и** (нем. «шток» — палка, ствол) — имеют округлую или эллипсообразную форму поперечного сечения. Сходны с батолитами, но имеют меньшие размеры. Условно штоки определяются как батолитовидные интрузивные тела площадью менее 100 км<sup>2</sup>. Некоторые из них представляют собой куполообразные выступы на поверхности батолита. Стенки штока обычно крутопадающие, неправильных очертаний. Размеры площадей, занятых выходами штоков на земную поверхность,

колеблются в значительных пределах, иногда достигая 200

км<sup>2</sup>. Штоки встречаются довольно часто среди интрузивных пород разного состава (см. рис. 3 [2]).

**Л а к к о л и т ы** (греч. *lákkos* — яма, углубление и *líthos* — камень) — имеют грибообразную или куполообразную форму вышележащей поверхности и относительно плоскую нижнюю поверхность. Они образуются вязкими магмами, поступающими либо по дайкообразным подводящим каналам снизу, либо из силла, и, распространяясь по слоистости, приподнимают вмещающие вышележащие породы, не нарушая их слоистости. Лакколиты встречаются поодиночке, либо группами. Размеры лакколитов сравнительно небольшие — от сотен метров до нескольких километров в диаметре (см. рис. 3 [3]). Особую разновидность лакколитов представляют **б и с м а л и т ы** (греч. *býsma* — пробка и *líthos* — камень) представляет собой позднюю стадию формирования лакколита. В тех случаях, когда давление вязкой (кремнекислотной) магмы превышает вес вышележащих слоев, в кровле лакколита может появиться система трещин, куда внедряется магма с образованием секущего цилиндрического тела. Бисмалиты могут достигать поверхности Земли или оканчиваться в толще осадочных пород, приподнимая их в виде купола (рис. 4).

**Э т м о л и т** (греч. «этмос» — воронка) — чашеобразное тело с воронкообразным окончанием в нижней части, представляющим собой бывший магмоподводящий канал. Вмещающие осадочные слои по отношению к нижней крутопадающей поверхности этмолита наклонены вниз. Предполагают, что этмолит формируется на поздней стадии развития мощного силла по схеме силла → лополит → этмолит (рис. 5).

**Л о п о л и т ы** (греч. *lopás* — миска, чаша и *líthos* — камень)

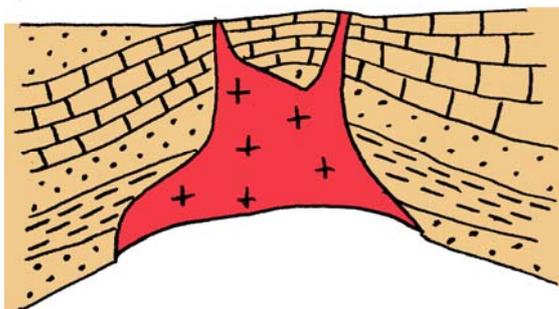


Рис.4 Бисмалит.

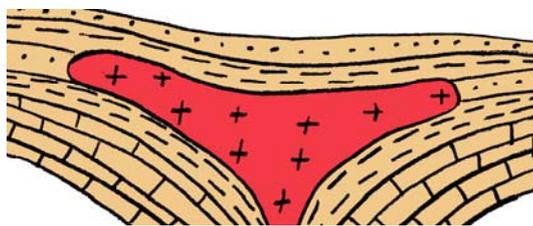


Рис.5 Этмолит.

- блюдцеобразные тела, обычно выпуклые вниз с опущенной центральной частью и приподнятыми краями. Предполагают, что лополит образуется в тех случаях, когда внедрившаяся в земную кору магма близко подходит к земной поверхности и подстилающие ло-

полит осадочные породы прогибаются в область магматического очага. От силлов лополиты отличаются прогнутостью в средней части, напоминая гигантскую чашу с отношением мощности к диаметру примерно 1:10. Лополиты также не нарушают слоистость вмещающих пород (см. рис. 3 [4]). Они встречаются на платформах и приурочены к крупным синклинальным депрессиям.

Д а й к и <sup>10</sup> - пластинообразные четко ограниченные параллельными стенками тела интрузивных магматических пород, которые пронизывают вмещающие их породы (или залегают несогласно с ними). В поперечнике дайки бывают от нескольких десятков сантиметров до десятков и сотен метров, однако, как правило, не превышают 6 м, а их протяженность может достигать нескольких километров. Одним из механизмов образования даек является заполнение магматическим расплавом трещин во вмещающих породах. Магма расширяет трещины и частично расплавляет и поглощает окружающие породы, формируя и заполняя камеру. Вблизи контакта с вмещающей породой из-за относительно быстрого охлаждения дайки обычно имеют мелкозернистую структуру. Вмещающая порода может быть изменена в результате термического воздействия магмы. Часто дайки более устойчивы к эрозии, чем вмещающие породы, и их выходы на поверхность образуют узкие гребни или стены (см. рис. 3 [5], 6, 7). По характеру пространственного раз-



**Рис.6** Дайки низкотитанистых порфиритов.

<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#108>



**Рис.7** Рифейские дайки диабазового состава.

<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#022>

мещения различают групповые дайки, нередко образующие пояса, радиальные дайки, расходящиеся из одного центра, и кольцевые дайки.

<sup>10</sup> Кроме даек, которые образованы путем заполнения магмой тектонических трещин и разломов и их раздвигания под давлением расплава, существуют также дайки, окончательное формирование которых в тектонических разломах завершается метасоматическим путем. К ним относятся дайки некоторых гранитов, сиенитов, монцонитов, аплитов, пегматитов и других горных пород. Кроме того, известны экзогенные дайки, образованные путем заполнения трещин осадочным материалом.

**С и л л ы** (пластовые интрузии) (англ. «силл» — *порог*) - пластообразные тела, внедрившиеся между пологозалегающими слоями вмещающей толщи. Они образуются при распространении легкоподвижной магмы вдоль напластования осадочных пород. Морфологически силл подобен вулканическому покрову, с которым он обычно связан генетически. Силлы большого размера возникают при внедрении основной (базальтовой) магмы. Поверхности, ограничивающие силлы сверху и снизу, на значительных расстояниях почти параллельны. Мощность сила может достигать нескольких сот метров, а площадь распространения - тысяч квадратных километров (см. рис. 3 [6]).

**Ж и л а** - протяжённое в двух направлениях геологическое тело, образовавшееся либо в результате заполнения трещины минеральным веществом, либо вследствие метасоматического замещения горной породы вдоль трещин минеральными веществами (см. рис. 3 [7]). В отличие от даек магматические жилы, имеют неправильную ветвистую форму и гораздо меньшие размеры.

**Ф а к о л и т ы** (греч. «фако» - *линза*) - согласно залегающие, двояковыпуклые, линзовидные тела, образующиеся обычно в гребнях антиклиналей или во впадинах (шарнирах) синклиналей (рис. 8). Форма факолита является следствием складчатости. Он образуется во время складчатых деформаций осадочных слоев и особенно характерен для офиолитовых (альпинотипных) гипербазитов. Встречаются также факолиты, сложенные гранитоидами.

**Г а р п о л и т** (греч. «гарнос» — *серп*) - интрузивное тело серповидной формы, питающий канал которого расположен под одним из концов "серпа" (рис. 9). Образуются гарполиты в результате

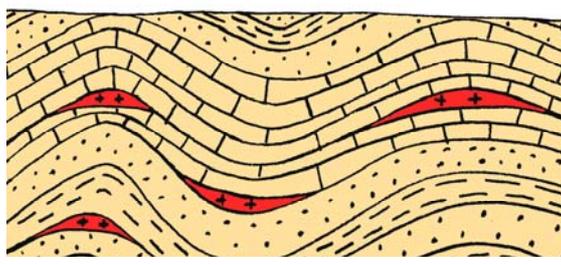


Рис.8 Факолиты.

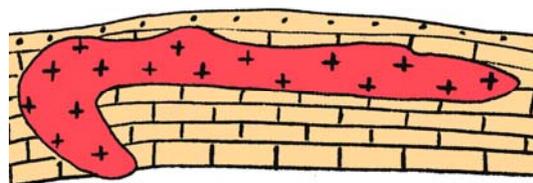


Рис.9 Гарполит.

внедрения магмы вдоль древнего кристаллического субстрата и залегающих на нем слабо дислоцированных толщ.

**А п о ф и з а** - жилоподобное ответвление, отходящее от магматического тела во вмещающие породы, связь с которым можно непосредственно проследить. Она обычно сложена породой, сходной с главным магматическим телом, но отличается мелкокристаллическим или порфировидным строением. Апофизами иногда называют и мелкие рудные жилы, отходящие от главной жилы (см. рис. 3 [8]).

**Х о н о л и т** (греч. «хонево» — отливаю) — интрузив неправильной формы, образовавшийся в наиболее ослабленной зоне вмещающих пород, как бы заполняющий "пустоты" в толще. Хонолит сложен обычно гранитоидами (рис. 10).



**Рис.10** Хонолит.

В зависимости от того, как взаимодействуют интрузивные тела с вмещающими их горными породами выделяют: **с о г л а с н ы е** (конкордантные) интрузивные тела, внедрившиеся между

слоями вмещающих пород (форма таких тел зависит от складчатой структуры вмещающей толщи), и **н е с о г л а с н ы е** (дискордантные), т.е. те, что прорывают и пересекают слоистые вмещающие толщи и имеют форму, не зависящую от структуры последней. Среди согласных выделяют: лакколиты, лополиты, факолиты, этмолиты, бисмалиты, силы; среди несогласных: батолиты, штоки, дайки, апофизы, хонолиты.

### **Ф о р м ы    з а л е г а н и я    э ф ф у з и в н ы х п о р о д .**



**Рис.11** Эксплозивное извержение.  
(фото Г. Тазиева)

Эффузивный магматизм сопровождается излиянием лавы на земную поверхность. Однако нередко извержения вулканов носят взрывной характер, при котором магма не изливается, а взрывается и на земную поверхность выпадают тонкораздробленные кристаллы и застывшие капельки стекла - расплава. Подобные извержения

называются **э к с п л о з и в н ы м и**<sup>11</sup> (лат. "эксплозио" - взрывать) (рис. 11).

<sup>11</sup> Главной движущей силой *эксплозивного извержения* является тепловая энергия магмы и потенциальная энергия растворенных в ней летучих компонентов. Непосредственными причинами катастрофических извержений считаются пузырение и приконтактовое остывание, приводящие к понижению вязкости расплавов и закупорке подводящих каналов. Массовое самопроизвольное образование газовой фазы становится мощным охладителем, как только пузырьки приобретают возможность свободного перемещения. Поэтому раскаленная лава может сочетаться с выбросами относительно холодного пеплового материала в пределах даже одного вулканического аппарата. Обломочный материал (тефра, лапилли, пепел) рассеивается в радиусе до 100-300 и

Излившаяся на поверхность магма образует различные эффузивные тела, среди которых выделяются: лавовый покров, лавовый поток, некк (жерловина), вулканический (экструзивный) купол (пик, игла) и диатрема (трубка взрыва), вулканический конус, стратовулкан, щитовидный вулкан.

По типу извержений выделяют трещинные, или линейные, и центральные извержения, что также находит отражение в форме тел.

Эффузивный магматизм трещинного типа проявляется в излиянии на земную поверхность базальтовой лавы по крупным трещинам или расколам земной коры. Базальтовые породы



трещинных излияний обеднены кремнеземом (около 50%) и обогащены двухвалентным железом (8—12%). Лавы жидкие, подвижные, прослеживаются на многие десятки километров от места своего излияния. Мощность отдельных потоков 5—15 м. По-видимому, накопление километровых толщ происходило постепенно, пласт за пластом многие годы. Такие лавовые образования с плоской поверхностью и характерной ступенчатой формой рельефа получили название **п л а т о б а з а л ь т о в**, или **т р а п п о в** (швед.—*лестница*) (рис.

Рис.12 Сибирские траппы.

12).

Эффузивный магматизм центрального типа наиболее распространен в современных условиях. Он сопровождается образованием конусообразных вулканических гор (вулканов).

По выражению в рельефе формы залегания эффузивных пород могут быть как положительными (покровы, потоки, некки, вулканические купола, диатремы, вулканические конусы, стратовулканы, щитовидные вулканы), так и отрицательными (кратеры, маары, лавовые колодцы, кальдеры).

**Л а в о в ы й п о к р о в** — это плоское тело больших размеров, мощностью до 30 м. При повторных излияниях мощность покрова может увеличиться до 1800 – 3000 м (рис. 3[10]).

Излияние лав базальтового или андезит-базальтового состава происходит спокойно, вследствие чего обломочный вулканический материал в покровах почти не встречается.

---

более километров. Все зависит от направления и силы взрыва, а также от скорости и устойчивости атмосферного потока.

Лавовые покровы особенно хорошо фиксируются на континентах. В геосинклиналях они образуют тела гораздо больших размеров, нежели на континентах, однако вследствие дислоцированности и метаморфизации установление их морфологических особенностей затруднено.



**Рис.13** Лавовый поток, образующийся при извержении вулкана Kilauea, Гавайи, 1984.

**Л а в о в ы й п о т о к** представляет собой сильно вытянутое тело, возникшее в результате движения лавы по наклонной поверхности рельефа; длина потока намного больше его ширины. Образуются они чаще при центральных извержениях, чем при трещинных. Потоки кислых лав обычно более короткие (1—10 км) и мощные (до 25—30 м), а потоки основных лав достигают десятков километров (рис. 3[9], 13).

**Н е к к** (ж е р л о в и - н а) (англ. «некк» — горлышко, шея) — столбообразное тело, выполняющее жерло вулкана (лавоили магнеподводящий канал) вулканическим материалом — лавой, пирокластолитами, туфолавой, туфами, лавобрекчиями, вулканическими брекчиями и др. В поперечном сечении некки бывают округлыми, овальными и неправильных очертаний размером от нескольких метров до 1,5 км и более. При разрушении рыхлого вулканического материала некки, сложенные обычно более твердыми породами остаются, образуя характерные столбы. Породы, слагающие некки обычно сильно изменены постмагматическими газо-гидротермами. Нередко некки являются рудовмещающими (рис. 3[12]).

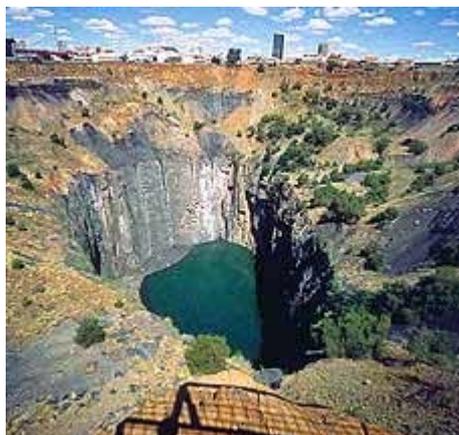
**В у л к а н и ч е с к и й к у п о л** (п и к , и г л а) — куполовидное тело, имеющее высоту до 700 – 800 м и крутые склоны ( $40^{\circ}$  и больше). Образуются в результате выжимания из вулканического канала вязкой лавы. Вулканические купола встречаются на Мартинике (Мон-Пеле), на Яве (Мерапи), на Камчатке (Безымянный) и др. Вязкая лава закупоривает магнеподводящий канал, что стимулирует взрывную деятельность вулкана, выделение газов, раскаленных туч и лавин. Сначала

образуется твердая корка, впоследствии выдавливаемая вверх; в результате быстрого остывания корка растрескивается, и лавы откатываются по склону. Внутренняя часть (ядро) вулканического купола охлаждается медленно, с образованием массивной лавы. Порой на вершине купола в результате просадки охлажденного материала или снижения уровня лавы в жерле образуется чашеобразная впадина (рис. 14).

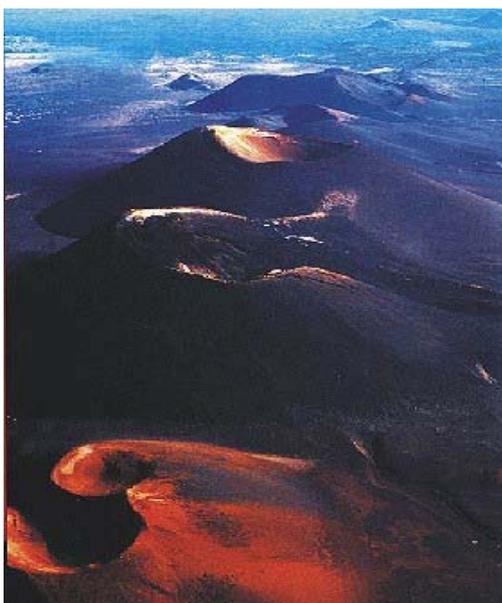
**Диатрема** (трубка взрыва) (греч. «диа» — через, «грэма» — отверстие, дыра) — трубообразный вулканический канал, имеющий в плане круглое или овальное очертание и образующийся в результате однократного прорыва газов. При этом имеет место не излияние лавы, а ее внедрение в магмоподводящий канал, сложенный вулканической брекчией. Диаметр поперечного сечения диатремы до 1 км. Наряду с вулканическим материалом диатрема заполнена обломками горных пород из стенок канала (базальты, лимбургиты, вулканические туфы, кимберлиты и осадочные породы) (рис. 15).



**Рис.14**  
*Наполовину провалившийся вулканический купол.*



**Рис.15** *Диатрема.*



**Рис.16** *Большое трещинное Толбачинское извержение (Ключевская группа вулканов).*  
Фото И.Е. Далецкой



**Рис.17** *Вулканический конус «Олимпус» на Марсе (высота 25 км).*

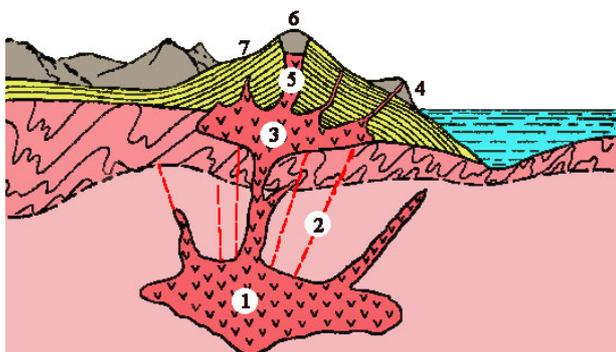
**Вулканический конус** — вулканическая постройка, имеющая форму конуса; образуется путем отложения вулканического материала вокруг жерла (*рис. 16, 17*). Форма конуса обусловлена степенью текучести лавы, а также характером рыхлого материала (пепла, шлаков, лавобрекчии и др.). Обычно на вершине вулканического конуса находится кратер, вследствие чего вершины конусов срезаны. Крутизна склонов вулканического конуса определяется размерами обломков. При выбросе тонкого материала образуются склоны с углом от 30 до 35°; более грубый материал, естественно, скапливается вблизи кратера, создавая склоны с уклоном до 40° и более. Скорость роста шлаковых вулканических конусов весьма значительна. Так, вулканический конус Парикутин в Мексике, возникший на ровном месте, в течение недели вырос до 140 м, а к концу второго месяца высота его измерилась 300 м. На склонах главных конусов располагаются мелкие побочные (паразитические) конусы и трещины, из которых вытекают потоки лавы. Застывшая в трещинах лава образует дайки, значительно укрепляющие вулканическую постройку. Склоны крупных вулканических конусов бывают изборождены **барранкосами** (*исп. «барранко» — глубокий овраг, ущелье*) — оврагами, радиально расходящимися от вершины к подножию вулкана, образовавшимися в результате размыва склонов дождевыми и тальными водами, а также выпавивающего действия сухих лавин, скатывающихся из кратера.

**Стратовулкан** (смешанный вулкан) представляет собой вулканический конус, построенный из рыхлого материала (бомб, лапиллей, пепла и др.), выбросы которого обычно предваряют вулканические извержения взрывного характера и лавовых потоков. Далее происходит периодическое чередование эксплозивной деятельности и почти чисто лавовой. Стратовулкан является наиболее распространенной формой центрального типа.

**Щитовидный вулкан** — вулканическое сооружение, образовавшееся в результате многократных излияний жидкой лавы. Имеет форму очень пологого щита, падение склонов которого в верхней части 7—8°, в нижней 3—6°. На вершине щитовидного вулкана располагаются кратеры, имеющие вид широких блюдцеобразных впадин с крутыми, часто вертикальными или террасообразно-ступенчатыми стенками. На дне кратеров действующих щитовидных вулканов находится жидкая (разливающаяся) лава в виде озер. В недействующих щитовидных вулканах лава застывшая.

К вулканическим телам с отрицательной морфологией относятся: вулканический кратер, маар, лавовый колодец, кальдера.

Вулканический кратер<sup>12</sup> — впадина в виде чаши или воронки, образованная главным образом в результате эксплозивных извержений. Кратер тесно связан с вулканическим каналом и представляет собой поверхностное его проявление. Поперечник вулканического кратера обычно 2—2,5 км, редко несколько больше, глубина — от нескольких десятков до нескольких сот метров. Многократные извержения создают вулканическую постройку —



**Рис.18** Строение вулкана.

1 – первичный магматический очаг; 2 – тектонические трещины; 3 – вторичный магматический очаг; 4 – побочный вулкан; 5 – жерло; 6 – кратер; 7 – конус вулкана.

вулканический конус, на вершине которой находится вулканический кратер (рис. 18, 19). Возникающие на вершинах вулканических конусов стенки кратеров, часто крутые и скалистые, сложены лавой, пирокластическими породами, либо тем и другим. Плоское дно кратера, если оно, не завалено обломками вулканических пород, имеет воронкообразную форму. В действующих вулканах на дне кратера находятся одно или несколько боков<sup>13</sup>, откуда выбиваются фумаролы (итал. «фумарола» — дым) — выходы вулканического газа и пара в виде струй или спокойно парящих масс из трещин или каналов

на поверхности вулкана или из неостывших лавовых и пирокластических потоков и покровов.



**Рис.19** Кратер Авачинского вулкана, заваленный лавовой пробкой — извержение 1991 года.

Нередко внутри большого (главного), более раннего кратера в результате сокращения объема вулканической деятельности образуют-

на поверхности вулкана или из неостывших лавовых и пирокластических потоков и покровов.

Нередко внутри большого (главного), более раннего кратера в результате сокращения объема вулканической деятельности образуют-

<sup>12</sup> Существуют и кратеры космического происхождения. Метеоритные кратеры, или астроблемы (от греческого astron — звезда и blema — рана) - это округлое углубление на земной поверхности, возникшее в результате удара метеорита или (значительно реже) астероида, кометы. Вокруг кратера – кольцевая зона деформированных пород. Число известных метеоритных кратеров невелико, по современным данным, их около 120.

<sup>13</sup> Бока (итал. bocca - рот, отверстие) - отверстие на дне кратера или на внешнем склоне вулкана, откуда происходят излияния лавы, выброс пепла или других продуктов извержения.

ся другие кратеры, развивающиеся над сокращенным в диаметре магма-подводящим каналом (жерлом). Различают также латеральные кратеры (побочные, паразитические), которые располагаются на склоне главного вулкана (вулканического конуса) и представляют собой поверхностное выражение дополнительного магмавыводного канала, отходящего от центрального (главного) магмавыводного канала.

Иногда на поверхности Земли встречаются кратеры метеоритного происхождения (рис. 20). В настоящее время известно около 120 таких



**Рис.20** Метеоритный кратер (штат Аризона). Диаметр 1,2 км  
<http://geo.1september.ru/2001/42/2.htm>

кратеров.

**М а а р** — относительно плоскодонный кратер взрыва с жерлом без конуса, но окруженный невысоким валом из рыхлых продуктов извержения, представляющих собой горные породы, слагающие стенки жерла. Маары иногда заполнены водой. Поперек маара колеблется от 200 до 3200 м, глубина — от 150 до 400 м. Маары образуются в результате одного взрыва.

Для них характерно незначительное развитие шлаковой постройки, отсутствие вытекающего из него лавового потока, короткий период извержения и большая сила взрыва.

**Л а в о в ы й к о л о д е ц** - цилиндрический провал, образующийся на дне кратера, на склонах щитовидных вулканов (Гавайские острова) и на некоторых базальтовых вулканических покровах.

**К а л ь д е р а** (порт. «кальдера» — котел) — циркообразная впадина с крутыми стенками и более или менее ровным дном (рис. 21), образовавшаяся вследствие провала вершины вулкана и в некоторых случаях прилегающей к нему местности. От кратера кальдера отличается происхождением и большими размерами (в поперечнике до 10—15 км и больше). Часто к кальдерам приурочены фумаролы и грифоны<sup>14</sup> (рис. 22).

При извержении вулкана выделяются различные **п р о - д у к т ы в у л к а н и ч е с к о й д е я т е л ь - н о с т и**, которые могут быть газообразными, жидкими и твердыми.

<sup>14</sup> **Грифон** - Выход подземной воды из водоносной породы сосредоточенной струей, поднимающейся выше поверхности земли или дна водоема.

Газообразные продукты извержения, или *фумаролы* (рис. 23), состоят из водяных паров (75—90%), диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), оксида углерода ( $\text{CO}$ ), азота ( $\text{N}_2$ ), диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ), оксида серы ( $\text{SO}$ ), газообразной серы ( $\text{S}_2$ ), водорода ( $\text{H}_2$ ), аммиака ( $\text{NH}_3$ ), хлористого водорода ( $\text{HCl}$ ), фтористого водорода ( $\text{HF}$ ), сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), борной кислоты ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), хлора ( $\text{Cl}$ ), аргона ( $\text{Ar}$ ), преобразованных  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ . Также присутствуют хлориды щелочных металлов и железа.



**Рис.21** Кальдера вулкана Узон.



**Рис.22** Грифон в кальдере им. Академии Наук, (август 1996 г.).  
[http://han-samoilenko.narod.ru/album/kar\\_3\\_.html](http://han-samoilenko.narod.ru/album/kar_3_.html)

Состав газов и их концентрация зависят от температуры и от типа земной коры, поэтому они могут меняться в пределах одного вулкана. При извержении вулканов происходит мощное выделение газовых струй, создающих в атмосфере огромные грибовидные облака. В поверхностных условиях газы за счет своего расширения при снижении давления насыщают лаву пузырьками, вспенивают ее, образуя пористую лаву (вулканический шлак), которая при застывании дает п е м з у .



**Рис. 23** Фумаролы в кратере вулкана Мутновский (Камчатка).

Ж и д к и е продукты извержения лавы характеризуются температурами в пределах 600—1200 °С. Химический состав лав зависит от состава исходной магмы. Лавы также бывают двух типов: базальтовые (основные) и гранитные (кислые, риолитовые).

Основные лавы, обедненные кремнеземом, имеют жидкую консистенцию, они подвижны, свободно текут. Вытекающая из кратера жидкая лава стекает по конусу вулкана и заполняет пониженные участки поверхности с образованием потоков и покровов. При застывании лавы на поверхности образуется корочка (рис. 24), под которой происходит дальнейшее движение жидкости. Покровы обычно представлены базальтами и имеют темную окраску, значи-



**Рис.24** Начальная стадия образования лавовой корки на двух сливающихся потоках (по Г. Тагиеву).

тельную плотность.

Сравнительно меньше распространены кислые вязкие, низкотемпературные лавы (андезиты, дациты, риолиты), образующие короткие и мощные потоки. Кислые лавы обогащены кремнеземом. Они сравнительно легкие, вязкие, малоподвижные, содержат большое количество газов,

остывают медленно. При выходе на поверхность такая лава быстро остывает, не растекается, и образует купола и конусы. Образующиеся при этом породы окрашены в светлые тона, имеют меньшую, чем основные лавы, плотность.

Т в ё р д ы е продукты извержения включают в себя вулканические бомбы, лапилли, вулканический песок и пепел. В момент извержения они вылетают из кратера вулкана со скоростью 500—600 м/с.

В у л к а н и ч е с к и е б о м б ы — крупные куски



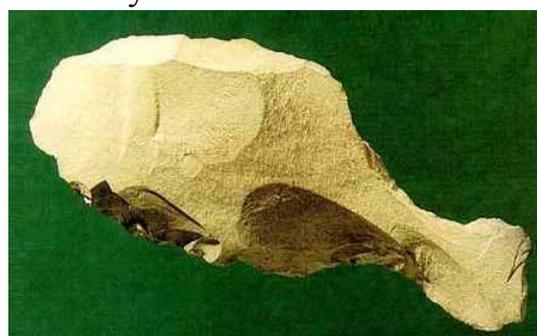
**Рис. 25** Вулканические бомбы.  
<http://www.simo.ru/kamchatk/ka000801.htm>



**Рис. 26** Вулканические бомбы.  
[http://students.web.ru/~serg/around/volc\\_bomb.html](http://students.web.ru/~serg/around/volc_bomb.html)

затвердевшей лавы размером в поперечнике от нескольких сантиметров до 1 м и более (рис. 25, 26). Они образуются при быстром выделении из магмы содержащихся в ней газов. При этом охлажденный поверхностный слой магмы разрушается, давая материал для вулканических бомб. Внешняя форма вулканических бомб зависит от состава лавы: кислые лавы дают бомбы неправильных очертаний; основные — округлых и скрученных форм. Скопления вулканических бомб называются **агломератами**.

**Лапилли** (лат.— камешек) — сравнительно мелкие обломки шлака величиной 1,5—3 см. Как и вулканические бомбы, они имеют разнообразные формы.



**Рис.27** Окаменелый вулканический туф (8-9 тысяч лет назад).

**Вулканический песок** состоит из сравнительно мелких частиц лавы (в пределах 0,5 см). Еще более мелкие обломки, размером от 1 мм и менее, образует *вулканический пепел*. Оседая на склонах вулкана или на некотором расстоянии от него, пепел уплотняется, и образуются **вулканические туфы** (рис. 27). Сцементированные лавой твердые продукты извержения вулкана

различного размера формируют **вулканическую брекчию**. Совокупность твердых продуктов извержения вулканов выделяют в качестве **пирокластических пород**.

## **Химический и минеральный состав.**

Изучением химического и минерального состава магматических горных пород занимается раздел петрологии, называемый **петрохимией**.

### **Химический состав.**

Определение вещественного состава магматических горных пород производится путем установления в них процентного содержания химических элементов (их окислов) и породообразующих минералов.

Химический<sup>15</sup> и минеральный<sup>16</sup> составы пород взаимосвязаны, но связь эта сложная, поэтому невозможно путем пересчета химического состава горной породы получить ее минеральный состав, и наоборот. Это объясняется тем, что магматические горные породы близкого химического состава могут иметь различный минеральный состав, так как последний зависит не только от химического состава магмы. Помимо этого, порообразующие минералы имеют довольно сложный состав, и содержат различные рассеянные элементы, установление которых оптическими методами невозможно. Что касается стеклосодержащих вулканических пород, то их вещественный состав можно определить только химическим путем.

Список элементов, которые можно встретить в том или ином количестве в магматических породах, довольно обширен, в них содержатся практически все химические элементы. Главными являются: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий, титан и водород, но самый распространенный из них — кислород — составляет в среднем половину веса магматических пород. Химический состав горных пород выражают окислами соответствующих химических элементов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ .

Химический состав пород не соответствует химическому составу магмы, из которой они образовались, т. к. многие составные части магмы (вода, углекислота, соединения Cl, F и другие летучие соединения) при застывании выделяются из нее.

Разнообразие горных пород объясняется процессами дифференциации магмы. Дифференциация (разделение) магмы - это совокупность различных физико-химических процессов, которые происходят на значительных глубинах и ведут к тому, что разные части единого магматического резервуара обогащаются различными компонентами. Различают магматическую и кристаллизационную дифференциацию.

**Магматическая дифференциация** (ликвация) представляет собой процесс разделения силикатного расплава на две несмешивающиеся жидкости: тяжелую (обогащенную оксидами или сульфидами железа) и легкую (обогащенную летучими и солями). При охлаждении обоих расплавов они дают различные по составу породы. Это приводит к образованию ликвационных месторождений никеля и меди, важных в промышленном отношении.

---

<sup>15</sup> Химический состав – это относительное количество содержащихся в породе элементов, обычно выраженное в виде весового процентного содержания окислов этих элементов.

<sup>16</sup> Минеральный состав - это процентное содержание (объемное или весовое) слагающих породу минералов, химический состав которых известен. Минеральный состав дает возможность судить о характере соединений, образуемых химическими элементами.

К р и с т а л л и з а ц и о н н а я д и ф ф е р е н - ц и а ц и я происходит благодаря процессам кристаллизации минералов и обусловлена перераспределением различных компонентов в магме.

Кристаллизация магмы сопровождается накоплением в расплаве кремнезема, щелочей и воды. Большую роль при образовании пород играют процессы ассимиляции<sup>17</sup>, особенно в приконтактных частях крупных магматических тел.

Магматические породы, как уже отмечалось, исключительно разнообразны по химическому и минеральному составу, однако во всех присутствует кислород и кремний<sup>18</sup>.

В основу классификаций магматических горных пород положен их химический состав. За основу большинства классификаций принято содержание окиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ), которое и служит критерием для подразделения пород на группы. Для этого определяют валовой состав породы, т.е. процентное содержание всех элементов, входящих в состав породы, выраженных в виде оксидов. Сумма всех элементов в виде оксидов составляет 100%. Содержание  $\text{SiO}_2$  является диагностическим критерием для классификации породы.

Если расположить все магматические породы по мере возрастания содержания в них кремнезёма, то получится практически непрерывный ряд. На одном конце его окажутся очень бедные кремнеземом ( $>45\%$ ) и в то же время богатые магнием и железом, на другом — породы, богатые ( $<65\%$ ), но с малым содержанием магния и железа.

Процентное содержание окиси кремния в породе служит определенным критерием ее кислотности, в связи с чем термином «кислая порода» стали обозначать породы, богатые  $\text{SiO}_2$ , а «основная порода» - бедные кремнеземом, но обогащенные  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ . В *таблице 1* приведено подразделение магматических пород по их кислотности. По мере увеличения кислотности пород содержания окислов железа и магния закономерно убывают.

В обозначенных группах изменяется состав минералов. Ультраосновные породы сложены только оливинами и пироксенами; в основных к ним присоединяется кальциевый плагиоклаз<sup>19</sup>. К средним породам относятся главным образом полевошпатовые породы с небольшой примесью железо-магнезиальных минералов. В кислых по-

<sup>17</sup> Ассимиляция - это захват и переплавление пород, в которые внедряется магма и которые приводят к изменению ее состава.

<sup>18</sup> Магматические горные породы, не содержащие силикаты (например, карбонатиты), очень редки.

<sup>19</sup> Плагиоклазы представляют собой непрерывный ряд изоморфных смесей двух составных частей: альбита  $\text{Ab} - \text{Na}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$  и анортита  $\text{An} - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ .

родах уменьшается содержание магнезиально-железистых и кальциевых силикатов и появляются щелочные полевые шпаты и кварц. В ультракислых породах доля кварца значительно возрастает.

Таблица 1

**Кислотность магматических пород.**

Группа пород	Содержание SiO <sub>2</sub>	Название пород
Ультраосновные	SiO <sub>2</sub> < 45%	Дунит, перидотит, пироксенит
Основные	SiO <sub>2</sub> 45—52%	Габбро, лабрадорит, базальт, диабаз
Средние	SiO <sub>2</sub> 52—65%	Сиенит, диорит, трахит, андезит, полевошпатовый порфир, порфирит
Кислые	SiO <sub>2</sub> 65—70%	Гранит, липарит, кварцевый порфир
Ультракислые	SiO <sub>2</sub> > 75%	Пегматит

**М и н е р а л ь н ы й     с о с т а в .**

Минеральный состав магматических горных пород также разнообразен: полевые шпаты, кварц, амфиболы, пироксены, слюды, в меньшей степени – оливин, нефелин, лейцит, магнетит, апатит и другие минералы.

К породообразующим минералам<sup>20</sup> магматических горных пород, на долю которых приходится около 99% их общего состава относятся: кварц, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, лейцит, нефелин, пироксены, амфиболы, слюды, оливин и др. Среди аксессуарных минералов следует указать: циркон, апатит, рутил, монацит, ильменит, хромит, титанит, ортит и другие; иногда присутствуют и рудные минералы (магнетит, хромит, пирит, пирротин и др.). Выделяют также элементы-примеси, которые присутствуют в породах в очень малых количествах (сотые доли процента): литий, бериллий, бор, олово, медь, хром, никель, хлор, фтор и др.

По происхождению минералы магматических пород делятся на первичные, образованные в результате кристаллизации самой магмы и вторичные, образовавшиеся в результате дальнейшего их преобразования, за счет процессов вторичного минералообразования: серицитизация, каолинизация, хлоритизация, серпентинизация и т. д. Под действием этих процессов происходят различные химические

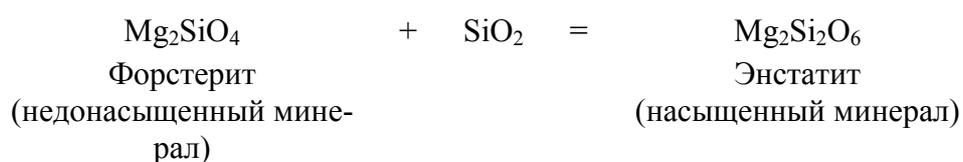
<sup>20</sup> Породообразующие минералы содержатся в породах в количестве более 5 %; аксессуарные – в количестве менее 5 %

реакции, в частности, плагиоклазы преобразуются в серицит, цеолит; пироксены и амфиболы переходят в хлорит, эпидот.

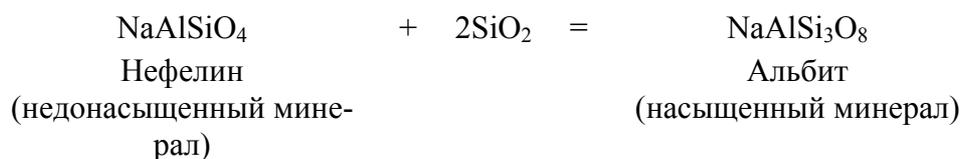
Большое классификационное значение имеет также состав темноцветных минералов. Так, оливин — минерал, недонасыщенный кремнекислотой, встречается главным образом в ультраосновных породах. В средних породах обычно присутствует роговая обманка, а в кислых — биотит. Щелочные породы характеризуются присутствием амфиболов.

Не менее важную роль при классификации магматических играют содержание и состав силикатных минералов, особенно полевых шпатов. Так, состав плагиоклазов отвечает определенной по кислотности группе пород: ультраосновные породы не содержат плагиоклазов в числе главных минералов, основные породы содержат основные (богатые кальцием) плагиоклазы, средние породы содержат средние (натриево-кальциевые) плагиоклазы, а для кислых пород характерны кислые (кальциевые) плагиоклазы. Кварц является типичным минералом кислых пород, хотя он может присутствовать и в средних и основных породах. Он образуется тогда, когда содержание  $\text{SiO}_2$  в магме превышает то, которое должно вступить в соединение с металлами для образования силикатов. В то же время, так, кварц не встречается (за редким исключением) в магматических породах совместно с оливином, не встречаются в одной породе кварц и нефелин.

Присутствие оливина в породе служит признаком того, что порода недонасыщена кремнеземом. Это минерал выделяется только из магм, в которых содержание этого окисла недостаточно для образования пироксена. В противном случае оливин не образуется, так как при достаточном количестве в расплаве кремнезёма оливин превращается в энстатит:



Аналогичным путем образуется нефелин, который присутствует лишь в щелочных породах, недонасыщенных кремнеземом. В случае насыщенности магмы кремнеземом вместо нефелина образуется альбит:



Однако не следует смешивать два понятия: содержание в породе  $\text{SiO}_2$  и насыщенность ее состава этим окислом. Последняя зависит как от процентного содержания кремнезема, так и от того, какие основания и в каком относительном количестве содержатся в породе. Действительно, ультраосновные породы недонасыщены кремнеземом (на это указывает присутствие оливина), а кислые пересыщены этим окислом (это видно из присутствия кварца), однако достаточно бедные кремнеземом основные породы далеко не всегда им недонасыщены. Насыщенные кремнеземом (следовательно, не содержащие оливин и нефелин) разновидности часто встречаются среди основных и типичны для средних пород.

Следует отметить, что общие особенности вещественного состава заметны уже при макроскопическом знакомстве с породой. Вместе с тем иногда недостаточность макроскопического метода очевидна, так как, пользуясь им, исследователь не может дать точного определения названия горной породы, поскольку неизвестен состав слагающих ее плагиоклазов и особенностей состава темноцветных минералов.

## ***Цвет магматических горных пород.***

Цвет магматических пород зависит от их минерального и химического состава, т.е. от содержания в них темно- и светлоокрашенных минералов.

Светлоокрашенные породы, как правило, не содержат цветных минералов, или же они присутствуют в них в очень небольшом количестве. Такие породы называются **лейкократовыми** (рис. 28). Темноокрашенные породы же, состоящие из темноокрашенных минералов, называются **меланократовыми** (рис. 29).



**Рис. 28** Лейкократовая порода.  
<http://www26.brinkster.com/jrob/textures.htm>



**Рис. 29** Меланократовая порода.  
<http://www26.brinkster.com/jrob/textures.htm>

Если некоторые минералы в породе образуют изолированные скопления – ш л и р ы или полосы, то окраска будет пятнистой, полосчатой и т.д.

Чем более темная порода, тем больше в ней содержится темноокрашенных минералов, и тем больше **ц в е т н о е ч и с л о**, под которым понимают количество (объёмную долю, %) темноцветных минералов в породе. Цветное число отражает кислотность породы: ультраосновные породы – 95-100%, основные – около 50%, средние – порядка 30%, кислые – 10%. Это находит отражение в окраске пород. В неизменённых разностях ультраосновные породы имеют чёрный цвет, основные – тёмно-серый, средние – серый, кислые – светло-серый, светло-розовый до белого.

Однако в природе нередко встречаются отклонения от указанных средних содержаний. Так, кислая порода может содержать цветных минералов значительно больше, чем их указанное среднее количество, а основная, наоборот, оказаться значительно светлее нормального типа.

## ***С т р у к т у р а м а г м а т и ч е с к и х п о р о д .***

Под **с т р у к т у р о й** (*лат. structura - строение, расположение, порядок*), подразумеваются те особенности строения горной породы, которые обуславливаются размером, формой и взаимными отношениями составных частей (кристаллов и вулканического стекла, там где оно имеется).

Структурные признаки магматических пород зависят от степени их кристалличности и связаны с условиями кристаллизации магмы.

Различают полнокристаллическую, неполнокристаллическую и стекловатую структуры магматических горных пород (*табл.2*).

**П о л н о к р и с т а л л и ч е с к а я** (зернистая) – порода сложена исключительно кристаллами различных минералов и не содержит вулканического стекла.

По относительной величине кристаллов полнокристаллическая структура бывает **р а в н о м е р н о з е р н и с т о й** и **н е р а в н о м е р н о з е р н и с т о й** (*рис. 30, 31*).

В случае **р а в н о м е р н о з е р н и с т о й** структуры кристаллы, входящие в состав породы, имеют примерно одинаковые размеры (*см. рис. 30*). В зависимости от размеров кристаллов она может быть крупнозернистой (размеры кристаллов более 5 мм),

среднезернистой (5-3 мм) и мелкозернистой (менее 3 мм). Такая структура свойственна глубинным (абиссальным) породам.

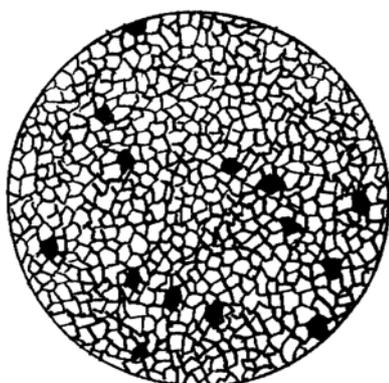
Таблица 2

**Структуры магматических пород.**

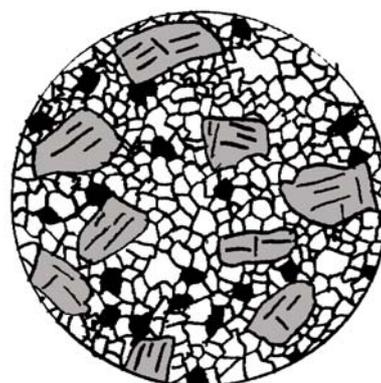
Структура				Породы
Полнокристаллическая	Равномернозернистая	Крупнозернистая	более 5 мм	Интрузивные породы (глубинные, абиссальные)
		Среднезернистая	5-3 мм	
		Мелкозернистая	3-1 мм	
		Афанитовая (скрытокристаллическая)	менее 1 мм	
	Неравномернозернистая	Порфировидная		Гипабиссальные (полуглубинные)
		Пегматитовая		
Неполнокристаллическая				Эффузивные, главным образом палеотипные
Стекловатая				Эффузивные

Н е р а в н о м е р н о з е р н и с т а я структура характеризуется неравномерным расположением минеральных масс в породе. Различают п о р ф и р о в и д н у ю и п е г м а т и т о в у ю структуры.

П о р ф и р о в и д н а я характерна для пород, состоящих целиком из кристаллов двух различных размеров, когда крупные кристаллы располагаются среди основной массы кристаллов незначительных размеров (см. рис. 31).

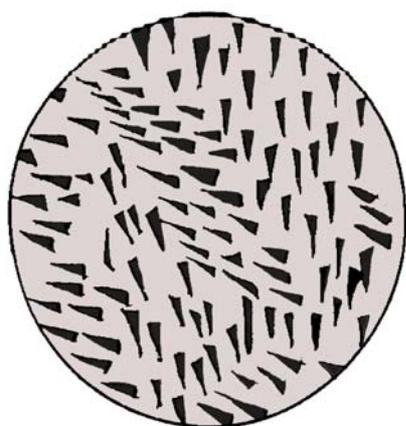


**Рис.30** Полнокристаллическая равномернозернистая структура. Схематическое изображение.

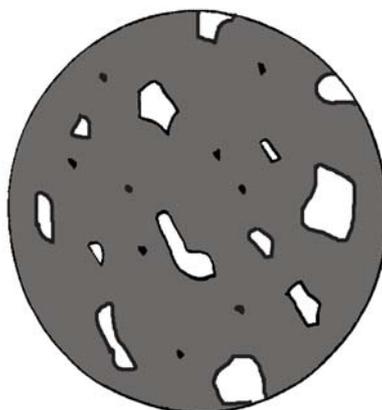


**Рис.31** Полнокристаллическая неравномернозернистая (порфировидная) структура. Схематическое изображение.

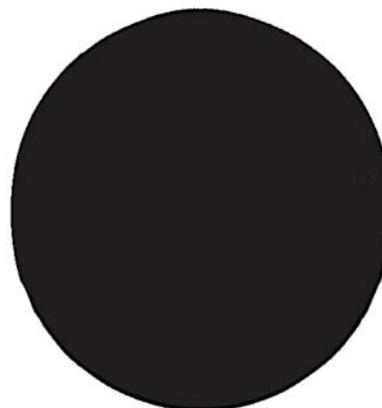
Пегматитовая (графитовая) структура характерна для пород, когда зерна одного минерала правильно ори-



**Рис.32**  
 Полнокристаллическая  
 неравномернозернистая  
 (пегматитовая) струк-  
 тура.



**Рис.33**  
 Неполнокристалличе-  
 ская (порфировая)  
 структура.



**Рис.34**  
 Неполнокристаллическая  
 (стекловатая) структура.

ентированы в теле кристалла другого минерала, при этом кристаллы обоих минералов взаимно прорастают друг в друга (рис. 32). Эти структуры присущи субвулканическим и жильным (полуглубинным, гипабиссальным) породам.

Неполнокристаллическая (порфировая) структура присуща породам, состоящим из кристаллов и вулканического стекла в различных количественных соотношениях, когда среди основной стекловатой или скрытокристаллической массы выделяется значительное количество хорошо выраженных кристаллов отдельных минералов. Такой структурой обладают эффузивные палеотипные и жильные породы (рис. 33).

Стекловатая структура характерна для пород с аморфной, некристаллической массой. Породы такой структуры представляют собой плотную или пузырчатую массу стекловатого строения (вулканическое стекло). Они отличаются стеклянным блеском и раковистым изломом. Характерна для эффузивных пород (рис. 34).

## **Текстура магматических пород.**

Текстура (лат. *textura* - ткань, строение, сплетение), определяется пространственным расположением минеральных зёрен, степенью сплошности породы.

Различают несколько типов текстур: массивная, полосчатая, пятнистая, пузыристая, флюидальная, миндалевидная и др.



**Рис.35** Обнажения полосчатого комплекса массива Нурали с клинопироксенитами, верлитами и серпентинитами.  
<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#036>

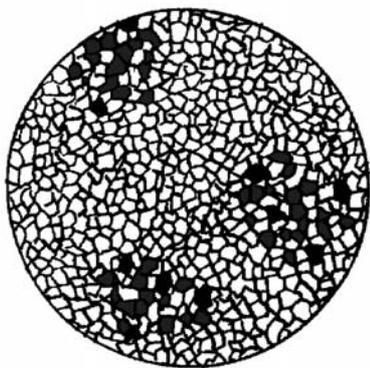
**М а с с и в н а я** (о д н о р о д н а я) текстура характеризуется тем, что в любой части породы зёрна минералов распределены равномерно, без какой-либо ориентировки. Эта текстура указывает на то, что условия кристаллизации во всех участках горной породы были одинаковыми (см. рис.30).

**П о л о с ч а т а я** текстура сложена чередующимися полосами различного состава или иногда разной

структуры (рис. 35). В интрузивных породах полосчатая текстура возникает как результат течения магмы.

**П я т н и с т а я** текстура обусловлена пятнистым распределением различных минеральных масс в породе (рис. 36).

**П у з ы р и с т а я** (п о р и с т а я , ш л а к о в а я) текстура возникает в лавах благодаря удалению газа, скапливающегося первоначально в виде пузырьков. Эти пустоты имеют шарообразную или эллипсоидальную форму. При большом количестве этих пустот образуется пемзовая текстура (рис. 37). В этом случае объём пустот пре-



**Рис.36** Пятнистая текстура. Схематичное изображение.



**Рис.37** Пузыристая (пемзовая) структура.  
<http://math.msu.su/~apentus/znaete/images/pemza.jp>

вышает объём материала породы.

**Флюидальная (текучая)** текстура образуется в результате течения застывающей лавы, когда минералы в породе ориентируются по направлению движения лавового потока (рис. 38). Присуща многим эффузивным породам.

**Миндалевидная (миндалекаменная)** текстура возникает при заполнении пустот вторичными минералами. Миндалины обычно заполнены хлоритом, эпидотом, кальцитом, кварцем и другими вторичными минералами (рис. 39).

Формирование текстуры и структуры магматических пород обусловлено физическими условиями затвердевания магматического расплава и зависит от температуры; скорости затвердевания, глубины формирования, способствующей сохранению в магме минерализаторов. Так, например, гранит, кристаллизующийся из кислой магмы, богатой минерализаторами, на глубине



**Рис.38** Флюидальный риолит с весьма прихотливой текстурой течения. П-ов Краббе. Из коллекции В.К. Попова. <http://www.fegi.ru/fegi/popov/photo1.htm>



**Рис.39** Миндалекаменные базальты ватулминской свиты, Лехтинская структура  
<http://students.web.ru/geolab/structure/karelia/magmatic.html#MAGMATIC>

обладает полнокристаллической структурой, в то время как липарит, образующийся из магмы того же состава в поверхностных условиях, состоит почти нацело из вулканического стекла.

Это объясняется тем, что кислая магма при излиянии теряет свои минерализаторы и становится очень вязкой. В то же время, структуры пород различного состава при прочих равных условиях неодинаковы, что объясняется в первую очередь различной способностью магм основного и кислого состава к раскристаллизации. Так, например, базальты, затвердевая в тех же условиях, что и липариты, часто обладают полнокристаллическими структурами, т. е. не содержат вулканического стекла, харак-

терного для липаритов. Таким образом, структуры зависят также от химического состава магматических пород.

### *О т д е л ь н о с т ь .*

В крупных магматических телах, остывающих на глубине, характерно появление трещин, параллельных, перпендикулярных и диагональных контакту с вмещающими породами. По этим трещинам горная порода расчленяется на отдельности.

*О т д е л ь н о с т ь* - характерные формы блоков, глыб и обломков, на которые делятся горные породы при естественном и искусственном раскалывании. Форма её обусловлена ориентировкой и частотой ограничивающих её трещин отдельности; размеры различны (от сантиметров до метров в поперечнике). Образование трещин отдельности при охлаждении происходит с такой силой, что иногда крупные зерна минералов, входящих в состав горной породы, разрываются этими трещинами на части.

В магматических породах развиты призматическая (столбчатая), шаровая, плитчатая, матрацевидная отдельности, возникающие при охлаждении и сжатии лав и интрузивных тел.

*П р и з м а т и ч е с к а я ( с т о л б ч а т а я )* отдельность. В пластообразных интрузивных телах или потоках лав благодаря более интенсивному сокращению в плоскости потока образуются трещины, перпендикулярные к нему, которые разбивают поток на отдельные столбы или призмы. Наиболее типична для потоков базальтов (*рис. 40*).

*Ш а р о в а я ( с ф е р о и д а л ь н а я )* отдельность – возникает в условиях подводного излияния преимущественно основных лав. В этом случае вокруг многочисленных центров кристаллизации магмы развиваются концентрически расположенные трещины, разделяющие породу на шары. Диаметр шаровых отдельностей от нескольких сантиметров до нескольких метров (*рис. 41*).

*Р о м б и ч е с к а я* отдельность - куски, близкие к ромбоэдрам (*рис. 42*).

*П л и т ч а т а я* отдельность - отдельные тонкие плитки у тонкослоистых пород (*рис. 43*).

*П о д у ш е ч н а я* - части пластов и обломки имеют неправильно-сфероидальную, иногда искривленную сфероидальную форму.



**Рис. 40** Столбчатая отдельность в неогеновых базальтах хр. Хан Тайшири. Монголия. <http://www.giscenter.ru/photo/2002.htm>



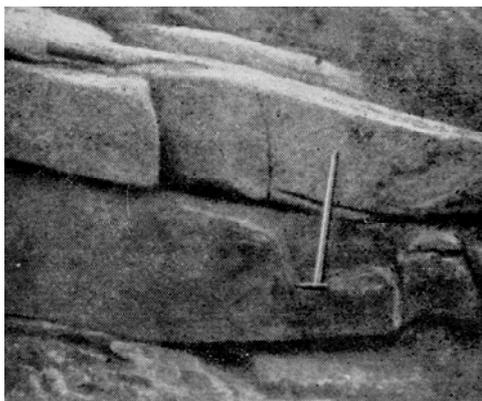
**Рис.41** Подушечные базальты. <http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#102>



**Рис. 42** Ромбическая отдельность в антигоритовых серпентинитах. <http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm>



**Рис. 43** Плитчатая отдельность в биотитовых гранитах. Центральный Казахстан. (Трусова И.Ф., Чернов В.И., 1982)



**Рис.44** Матрацевидная отдельность с нишами выдувания в гранитах. Центральный Казахстан. (Трусова И.Ф., Чернов В.И., 1982)

М а т р а ц е в и д н а я отдельность - большие продолговатые пласты с закругленными краями (характерна для массивнокристаллических горных пород) (рис. 44).

П а р а л л е л е п и п е д а л ь н а я отдельность – образуются обломки, близкие к параллелепипеду.

П л и т о о б р а з н а я - образуются крупные более или менее ровные плиты.

П л а с т о в а я отдельность – связана с магматической тектоникой и с процессами разрыва при охлаждении породы, благодаря чему порода разделяется как бы на пласты. Присуща кислым породам (гранитам).

## **Удельный вес (плотность) магматических пород.**

Удельный вес<sup>21</sup> имеет существенное значение при классификации магматических пород. Он определяется величиной средневзвешенного удельного веса составляющих породу минералов и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_T = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta_i V_i = \Delta_{T1} V_1 + \Delta_{T2} V_2 + \dots + \Delta_{Tn} V_n,$$

где  $n$  – число минералов, составляющих породу;  $\Delta_{T1}, \Delta_{T2}, \dots, \Delta_{Tn}$  и  $V_1, V_2, \dots, V_n$  – удельные веса и объёмы, занимаемые отдельными минералами в единице объёма породы.

Удельный вес магматических горных пород изменяется в широких пределах (от 2,4 до 3,35 г/см<sup>3</sup>). Он возрастает от кислых к основным и ультраосновным породам, что объясняется увеличением в этом направлении содержания железисто-магнезиальных минералов (оливин, пироксены, роговые обманки, биотит, мусковит и др.) со значительной плотностью (от 3,1-3,5 г/см<sup>3</sup>). Ультраосновные (перидотит) имеют удельный вес от 3,1 до 3,25; основные (габбро) – от 2,9 до 3,1; средние (диорит) – от 2,7 до 2,9; кислые кристаллические породы – от 2,5 до 2,7. Среди эффузивных пород основные (базальт) имеют удельный вес от 2,7 до 2,8; средние – от 2,5 до 2,6; кислые (обсидиан) – от 2,3 до 2,4. Исключением является сиенит, удельный вес которого ниже, чем у гранита, что объясняется повышенным содержанием в нём нефелина и пониженным содержанием железисто-магнезиальных минералов.

Можно отметить также некоторую зависимость удельного веса пород от её структуры. Например, при одинаковом минеральном составе удельный вес пород с кристаллической структурой выше, чем пород со стекловатой структурой.

Данные об основных магматических породах сведены в единую таблицу (табл. 3).

---

<sup>21</sup> Удельный вес, отношение веса тела  $P$  к его объёму  $V$ , то есть величина  $g = P/V$ . Внесистемной единицей измерения удельного веса является г/см<sup>3</sup>. В геологической литературе удельные веса иногда оцениваются безразмерными единицами – отношением веса породы к весу воды, занимающей тот же объём.

Таблица 3

## Основные типы магматических пород.

Условия образования		Формы залегания	Характерные		Магматические горные породы.				
			текстура	структура	Кислотность (процентное содержание SiO <sub>2</sub> )				
					Кислые SiO <sub>2</sub> 65-75%	Средние SiO <sub>2</sub> 52- 65%		Основные SiO <sub>2</sub> 45-52%	Ультраосновные SiO <sub>2</sub> <45%
Интрузивные		Батолиты, штоки, лакколиты, лополиты, факолиты, дайки, силлы	Массивная	Полнокристаллическая, порфирированная	Гранит	Сиенит	Диорит	Габбро, лабрадорит	Дунит, перидотит, пироксенит
Эффузивные	Кайнотипные (неизмененные)	Покровы, потоки, купола, обелиски, некки	Плотная, пористая, флюидальная	Стекловатая, афанитовая, порфирированная	Липарит (риолит)	Трахит	Андезит	Базальт, долерит	
	Палеотипные (измененные)				Кварцевый порфир	Полевошпатовый порфир	Порфирит	Диабаз	
Вулканические породы		Пемза, туф, стекло – имеют переменный химический состав							
Минеральный состав (главные породообразующие минералы)				Светлые	Кварц	Кислый плагиоклаз, калиевый полевой шпат	Средние плагиоклазы	Основные плагиоклазы	Отсутствуют
					Калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз				
				Цветные	Биотит, роговая обманка		Роговая обманка, биотит, пироксены (авгит)	Пироксены, роговая обманка, оливин	Оливин, роговая обманка, пироксены

# Описание основных типов магматических горных пород

## Интрузивные породы.

**Пегматит** (еврейский камень, письменный гранит) (греч. *pégmatos* - скрепление, связь) (рис.95 - 99).



**Рис.95 Пегматит.**

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_igneous.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_igneous.htm)



**Рис.96 Пегматит.**

<http://www.fimm.ru/specimens/vitr66a/1358op1.htm>

**Кислотность.**  $\text{SiO}_2 > 75\%$  - ультракислая порода.

**Химический состав.** Полевые шпаты, чаще всего калиевые, кварц, слюда. Характерно присутствие берилла, турмалина

**Цвет.** Розовый, красноватый, светло-серый, желтоватый и др.

**Структура.** Полнокристаллическая, крупнозернистая. В пегматитах часто развиваются своеобразные структуры закономерного прорастания полевого шпата правильно ориентированными зернами кварца - пегматитовая (графическая) структура.

**Текстура.** Массивная.

**Удельный вес.** 2,5–2,7.

**Форма залегания.** Жилы, штоки, линзы. Размеры пегматитовых жил сильно варьируют и могут достигать нескольких километров в длину при нескольких метрах по мощности.

**Отдельность.** Пластовая.

**Генезис.** Гипабиссальные, преимущественно жильные породы.

**Месторождения.** Бразилия (Минас-Жерайс), Норвегия (Гитерё близ Арендаля, Крагерё в Телемарке), Швеция (Иттерби). Карелия и др.

**Практическое значение.** Пегматиты являются основным источником полевых шпатов для керамической и стекольной промышленности, слюды и пьезокварца - для электротехнической промышленности, а также драгоценных камней. В них содержатся редкометалльные и редкоземельные минералы (сподумен, берилл, колумбит, танталит, лепидолит, касситерит, поллуцита, ураноториевых и др.).

*Диагностика.* Цвет, структура.

*Разновидности.* Г р а н и т – п е г м а т и т ы – связаны с гранитной магмой.



**Рис.97** Пегматит.

<http://www.fmm.ru/specimens/vitr66a/1358op1.htm>



**Рис.98** Мусковит в пегматитах Уфалейского комплекса.

<http://minerals.ilmeny.ac.ru/UFA/report01.htm#027>



**Рис.99** Пегматитовая порода с включениями ловозерита и эвдиалита.

<http://www.mineralogist.ru/shop/1/1026.shtml>

**Гранит** (лат. *granit* – зерно) (рис. 45 - 49).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода.

*Химический состав.* Кварц, калиевые полевые шпаты, кислые плагиооклазы, примеси слюды, реже роговой обманки, авгита. Иногда встречается эпидот, турмалин и гранаты.

*Цвет.* Розовый, красноватый, светло-серый, желтоватый и др.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, средне- и крупнозернистая.

*Текстура.* Массивная

*Удельный вес.* 2,7

*Форма залегания.* Залегают чаще всего в форме батолитов, штоков, реже образуют, дайки, лакколиты и жилы.

*Отдельность.* Характерна пластовая матрацевидная, столбчатая и параллелепипедная отдельности.

*Генезис.* Интрузивная (плутоническая) порода, метасоматическая.  
*Месторождения.* Карелия, Украина, Кавказ, Урал, Средняя Азия, Сибирь, Финляндия и др.

*Практическое значение.* Используется для внешней облицовки зданий и сооружений, а также для скульптурных работ. С гранитными телами связаны месторождения различных ценных металлов (олова, вольфрама, молибдена, свинца, цинка и др.).



**Рис.45** Гранит.



**Рис.46** Гранит.



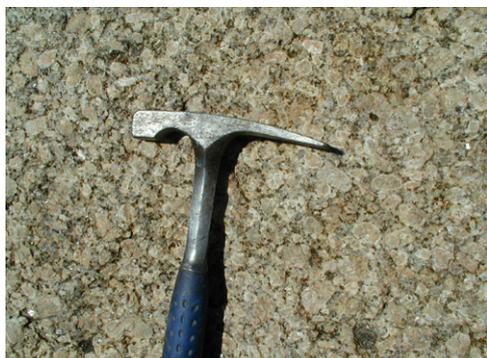
**Рис.47** Гранит. Москва. Фонтан «Александр и Натали». Деталь подиума ротонды.

<http://www.material.ru/article/?id=194>

*Разновидности.* Р а п а к и в и (фин. – гнилой камень) – крупнозернистые биотитороговообманковые граниты с крупными кристаллами ортоклаза (рис. 48, 49). Г р а н и т – п о р ф и р – когда на фоне основной мелкозернистой массы гранита выделяются отдельные крупные кристаллы полевых шпатов. Ч а р н о к и т – гиперстеновый гранит, часто встречается среди гранитов докембрийского возраста. А л я с к и т ы – характерно высокое содержание калиевых полевых шпатов, превышающее содержание плагиоклаза; практически отсутствуют темноцветные минералы, а если и встречается биотит, содержание его всегда ниже 5%; кварц составляет 35-40% объема породы. Г р а н о д и о р и т ы – отличаются от гранитов тем, что плагиоклаз представлен не олигоклазом, а андезином, который всегда преобладает над калиевым полевым шпатом; кварц составляет порядка 20%; из темноцветных минералов наряду с биотитом присутствует роговая обманка. Т о н а л и т ы – отличаются от гранодиоритов тем, что калиевый полевой шпат в них либо отсутствует, либо является второстепенным минералом. В их составе присутствует андезин, роговая обманка, реже биотит и кварц, составляющий 25-30% объема пород. П л а г и о г р а н и т ы – в

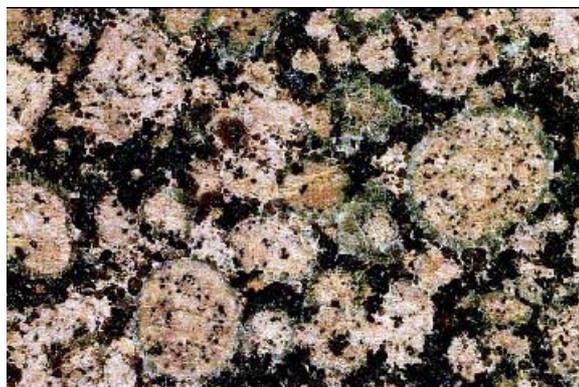
отличие от гранита практически не содержат калиевые полевые шпаты; в их состав входит кислый плагиоклаз, кварц, роговая обманка.

*Диагностика.* В отличие от схожего сиенита содержит кварц.



**Рис.48** Рапакиви Бердяушского массива.

<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#018>



**Рис.49** Рапакиви.

[http://geology.pu.ru/bulakh/Chapter\\_3.shtml#Chapter](http://geology.pu.ru/bulakh/Chapter_3.shtml#Chapter)

***Сиенит*** (от *Syene* - Сиена, греческое название древнеегипетского города Сун, ныне Асуан) (рис. 50, 51).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.

*Химический состав.* Калиевый полевой шпат, плагиоклаз, с примесью цветных минералов: роговой обманки, биотита, пироксена, изредка оливина. В отличие от гранита практически не содержит кварца (менее 5%). В зависимости от содержания цветных минералов сиениты называют роговообманковыми, слюдяными, кварцевыми и др. В химическом отношении сиениты характеризуются содержанием кремнезёма от 55 до 65%, а по содержанию щелочей разделяются на нормальные и щелочные. В нормальных сиенитах плагиоклазы представлены олигоклазом и андезином; в щелочных - присутствуют калиевые полевые шпаты, реже - альбит.

*Цвет.* Светлоокрашенные породы, сероватые и розоватые, в зависимости от цвета калиевого полевого шпата и содержания темноцветных минералов.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, иногда порфировидная, мелко- и среднезернистая.

*Текстура.* Массивная.

*Удельный вес.* 2,6

*Форма залегания.* Дайки, штоки.

*Отдельность.* Пластовая или параллелепipedальная.

*Генезис.* Интрузивная (плутоническая) порода.

*Месторождения.* Украина (Волынская область), Урал, Казахстан, Кавказ, Средняя Азия, США, Канада, Германия, Норвегия и др.

*Практическое значение.* Строительный материал.

*Разновидности.* При содержании кварца более 5% порода называется



**Рис.50** Сиенит.



**Рис.51** Сиенит.

<http://ergaki.krasu.ru/relief.shtml>

ся кварцевым сиенитом. Сиениты, содержащие щелочные пироксены и амфиболы, выделяются как щелочные сиениты, а фельдшпатоиды - как фельдшпатоидные сиениты.

*Диагностика.* В отличие от гранита «не блестит», так как практически не содержит кварца.

**Диорит** (франц. *diorite*, греч. *diorízo* - разграничиваю, различаю) (рис. 52-56).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.

*Химический состав.* Плагиоклаз (андезин или олигоклаз), роговая обманка, реже авгит и биотит, иногда присутствует кварц. Второстепенные минералы представлены титанитом, апатитом и магнетитом

*Цвет.* Обычно тёмно-зеленый или коричнево-зеленый.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, среднезернистая.

*Текстура.* Массивная.

*Удельный вес.* 2,7-2,9

*Форма залегания.* Штоки, жилы, лакколиты и др. интрузивные массивы.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепipedальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Северная Америка (Кордильеры). Распространен в Великобритании, Центральной Азии (Казахстан), России (Урал) и других районах мира.

*Практическое значение.* Служит строительным материалом, используется для облицовки зданий, изготовления ваз, столешниц, постаментов и т.д. В Древнем Египте и древней Месопотамии использовался и как скульптурный материал (см. рис. 53). В связи с диоритами часто развиваются золотоносные кварцевые жилы.



**Рис.52** *Диорит.*  
<http://geologija.narod.ru/photo05.jpg>



**Рис.53** *Диорит.*  
<http://geologija.narod.ru/photo05.jpg>



**Рис.54** *Диорит.*  
<http://krugosvet.ru/articles/19/1001981/0006257G.htm>



**Рис.55** *Диоритовая статуя фараона Хефрена (Гиза)*  
<http://rubikon.ru>



**Рис.56** *Диорит.*  
<http://geologija.narod.ru/photo07.jpg>

*Разновидности.* Различают разновидности: кварцевые, бескварцевые, роговообманковые, авгитовые и биотитовые.

*Диагностика.* Окраска диорита более светлая, чем у габбро, иногда имеют совершенно лейкократовый облик.

*Разновидности.* Нет.

**Габбро** (итал. *gabbro*) (рис. 57 -60).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 45-52 % - основная порода.

*Химический состав.* Плаггиоклаз, моноклинный пироксен, а в качестве аксессуарных присутствуют апатит, ильменит, магнетит, иногда хромит.

*Цвет.* Чёрная, тёмно-зелёная, иногда пятнистая порода.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, крупно- и среднезернистая.

*Текстура.* Массивная, иногда пятнистая, полосчатая.



**Рис.57** Габбро.

<http://geologija.narod.ru/gabbro.jpg>



**Рис.58** Габбро.

<http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/gabspern.htm>



**Рис.59** Габбро.

<http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/gabspern.htm>



**Рис.60** Габбро.

<http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/gabspern.htm>

*Удельный вес.* 2,9-3,1

*Форма залегания.* Крупные лакколиты, лополиты, дайки и штоки.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепipedальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Распространены в различных районах Великобритании, в Северной Америке (в горах Адирондак) и вдоль побережья п-ова Лабрадор (Канада), в ЮАР, Франции, Шотландии (Великобритания) и др.; крупные массивы габбро известны на Урале, Украине, Кольском полуострове, в Закавказье и др.

*Практическое значение.* Габбро иногда содержат скопления рудных минералов и в этих случаях могут использоваться как руды меди,

никеля и титана. Часто применяются в качестве строительного и облицовочного камня высокой прочности, для наружной и внутренней облицовки, преимущественно в виде полированных плит и для приготовления щебня и дорожного камня.

*Разновидности.* **Анортозиты** – лишены темноцветных минералов, **нориты** – состоят из плагиоклаза и ромбических пироксенов, **троктолиты** – состоят из плагиоклаза и оливина. Если в габбро вместе с пироксеном присутствует оливин, порода носит название **оливиновые габбро**. Богатые плагиоклазом (85-90%) габбро выделяются под названием **плагиоклазитов**. Из них известны **лабрадориты**, плагиоклазы которых обладают часто красивой голубоватой или зеленоватой игрой цветов.

*Диагностика.* Более темная порода по сравнению с диоритом.

**Лабрадорит** (назван по месту первой находки – на п-ове Лабрадор в Северной Америке) (рис. 61- 65).

*Кислотность.*  $\text{SiO}_2$  45-52 % - основная порода.

*Химический состав.* Состоит преимущественно из плагиоклаза — лабрадора с незначительной примесью (не более 5—7%) пироксенов и рудных минералов.

*Цвет.* Обычно серый, коричневатый или почти черный. Но встречаются и светлые разновидности.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, крупнозернистая.

*Текстура.* Массивная.

*Удельный вес.* 2,7

*Форма залегания.* Лакколиты, лополиты, дайки, штоки.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепipedальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Один из наиболее распространенных минералов группы плагиоклазов, встречается в изверженных породах основного состава (анортозитах, габбро и др.). Распространен в горах Адирондак (США, шт. Нью-Йорк) и Уичито (США, шт. Оклахома). Крупные массивы лабрадорита имеются в Канаде (п-ов Лабрадор), Финляндии, на Украине.

*Практическое значение.* Применяется как высококачественный облицовочный камень в основном в монументальной архитектуре, хотя некоторые образцы с яркой голубой и зеленой иризацией используются как декоративно-поделочные камни. Им облицованы многие станции Московского метрополитена и здания города (часть цоколя гостиницы "Москва", отделка Мавзолея и аллеи городов-героев в

Александровском саду и др.). Чаще всего это лабрадориты Головинского и Турчинского месторождений Украины.

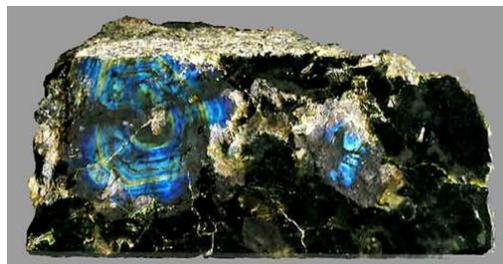
*Разновидности.* Является разновидностью габбро.

*Диагностика.* Синий отлив на гранях слагающих кристаллов.



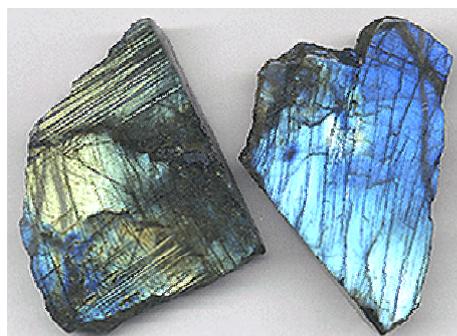
**Рис.61** Лабрадорит (Украина).

<http://stones.mrsu.ru/mineralogy/main.html?action=3&id=9679096340&fn=3520>



**Рис.62** Лабрадорит.

<http://sami-s-usami.narod.ru/koll/labrad.htm>



**Рис.63** Лабрадорит.

<http://kutaisi.iatp.org.ge/crystals/Third%20class.htm>



**Рис.64** Лабрадорит.

<http://www.krugosvet.ru>



**Рис.65** Лабрадорит.

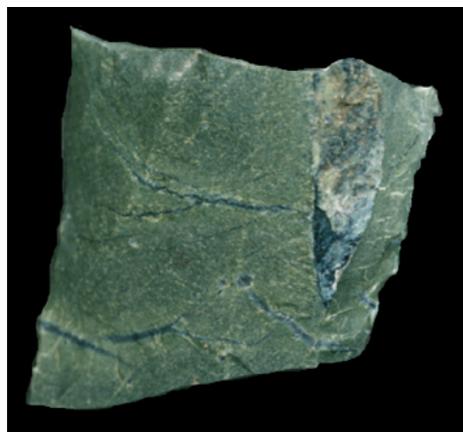
<http://www.kamneobrabotka.ru/brick/katalog/>

**Дунит** (назван по имени горы Дун (Dun) в Новой Зеландии) (рис. 66, 67).

*Кислотность.*  $\text{SiO}_2 < 45\%$  - ультраосновная порода.

*Химический состав.* Почти мономинеральная оливиновая порода. В виде второстепенных примесей встречается хромит или магнетит, иногда платина. Случайные минералы – гранат, корунд. Почти всегда присутствует серпентин.

*Цвет.* Чёрный, тёмно- или светло-зелёный.



**Рис.66** *Дунит.*

<http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/dunite.htm>



**Рис.67** *Дунит.*

<http://geologija.narod.ru/photo08.jpg>

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, среднезернистая.

*Текстура.* Массивная.

*Удельный вес.* 3,1-3,25

*Форма залегания.* Штоки.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепipedальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Урал, Кавказ, Англия, Южная Африка и др.

*Практическое значение.* Иногда содержат хромит и платину в промышленных масштабах.

*Разновидности.* Хромитовые дуниты – богатые хромитом дуниты. Сидеронитовый дунит - дунит с магнетитом.

*Диагностика.* Тёмно-зелёная окраска, связанная с большим количеством оливина.

*Разновидности.* Нет.

**Перидотит** (от франц. *péridot* - перидот, или оливин) (рис. 68).

*Кислотность.*  $\text{SiO}_2 < 45\%$  - ультраосновная порода.

*Химический состав.* Состоит главным образом из оливина (70-30%) и пироксенов (30-70%), иногда с роговой обманкой. В виде второстепенных минералов встречаются: магнетит, ильменит, пирротин,

хромит, шпинель, гранат и др.; иногда перидотиты содержат платину и некоторые никелевые минералы.

*Цвет.* Порода тёмной окраски, чаще всего зелёного или зеленовато-серого цвета.



**Рис.68** Перидотит.  
<http://lingvo.yandex.ru>

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая.

*Текстура.* Массивная, часто афанитовая (плотная).

*Удельный вес.* 3,2

*Форма залегания.* Штоки.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепидальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Северная Шотландия и др.

*Практическое значение.* Перидотит в ассоциации с другими ультраосновными и основными горными породами образуют пояса и зоны

значительной протяжённости, к которым приурочены месторождения хромита, платиновых и силикатных никелевых руд, хризотил-асбеста, талька и др. полезных ископаемых.

*Разновидности.* Перидотит с ромбическим пироксеном называется гарцбургитом (саксонитом), с моноклинным – верлитом; с моноклинным и ромбическим одновременно – вебстеритом (лерцолитом).

*Диагностика.* Темно-зеленая окраска.

**Пироксенит** (от франц. *péridot* - перидот, или оливин) (рис. 69, 70).

*Кислотность.*  $\text{SiO}_2 < 45\%$  - ультраосновная порода.

*Химический состав.* Пироксен, роговая обманка, из аксессуарных минералов присутствует оливин, биотит, магнетит, ильменит, иногда хромит.

*Цвет.* Тёмные, зеленовато-серые, иногда с буроватым оттенком, черные.

*Структура.* Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, средне- и крупнозернистая.

*Текстура.* Массивная, часто афанитовая (плотная), иногда порфирированная.

*Удельный вес.* 3,1-3,25

*Форма залегания.* Небольшие массивы.

*Отдельность.* Пластовая, параллелепидальная.

*Генезис.* Интрузивная порода.

*Месторождения.* Шотландия.

*Практическое значение.* К пироксенитам приурочены месторождения сульфидных руд, никеля.

*Разновидности.* К о с ь в и т ы – пироксениты, состоящие из моноклинного пироксена со значительной примесью магнетита.

*Диагностика.* По сравнению с перидотитами и дунитами более тёмно окрашены (почти чёрные), имеют более крупнокристаллическое строение.



**Рис.69** Пироксенит, изменённый под действием воды.

<http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/anotherthos.htm>



**Рис.70** Пироксенит.

<http://geologija.narod.ru>

## Э ф ф у з и в н ы е п о р о д ы .

### ***Кайнотипные (неизменённые).***

**Липарит** (итал. *Lipari* - Липарские острова, где он впервые был обнаружен) (рис. 71).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода.

*Химический состав.* Вулканическое стекло, полевые шпаты. Кварц встречается и реже и практически незаметен. Из темноцветных минералов встречаются блестящие листочки биотита, реже удлинённые или игольчатые кристаллы роговой обманки. Тонкозернистый аналог гранита.

*Цвет.* Светлые, почти белые.

*Структура.* Порфировая или стекловатая.

*Текстура.* Стекловатая или порфировая.

Удельный вес. 2,3 – 2,4



**Рис.71** *Липарит.*  
<http://geologija.narod.ru/photo09.jpg>



**Рис.73** *Обсидиан.*  
<http://www.fegi.ru/fegi/popov/photo1.htm>



**Рис.72** *Риолит.*  
<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#092>



**Рис.74** *Пемза.*

**Форма залегания.** Встречается в виде лавовых потоков, вулканических куполов, пепловых накоплений.

**Отдельность.** Столбчатая.

**Генезис.** Эффузивный аналог гранита. Кайнотипные (неизменённые).

**Месторождения.** Распространены во всех вулканических областях мира.

**Практическое значение.** Используется для покрытия дорог и для строительных целей.

**Разновидности.** Р и о л и т ы (греч. *rhúax* - поток, лава и *líthos* – камень), кайнотипная эффузивная горная порода, богатая кремнезёмом (68-77%); обладает порфировой структурой, содержит вкрапленники кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, реже биотита или пироксена, погруженные в стекловатую основную массу обычно флюидальной текстуры (рис. 72). О б с и д и а н – стекловатая (почти без вкрапленников) разновидность липарита (рис. 73). Они часто темного, бурого, коричневого и черного цвета. П е р л и т ы – скорлуповатые разновидности обсидианов. П е м з ы – светлые, очень пористые, легкие кислые излившиеся породы (рис. 74). Пемзы – продукт подводных излияний. П е х ш т е й н ы –

чёрные, красные, бурые, зеленоватые, иногда желтоватые, реже белые вулканические стёкла со смоляным блеском.

*Диагностика.* Неровный, шероховатый излом.

***Трахит*** (греч. *trachys* шероховатый, неровный) (рис. 75, 76).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.

*Химический состав.* Главным компонентом является калиевый полевой шпат, преобладающий над кислым плагиоклазом; из темноцветных минералов присутствуют в небольшом количестве биотит, а также амфибол и пироксен. Вкрапленники представлены стекловидным санидином, менее кислым плагиоклазом, из темноцветных —



**Рис.75** Трахит.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_igneous.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_igneous.htm)



**Рис.76** Золото по трещине в кварцевом трахите в виде веточек. Румыния.

<http://www.fmm.ru/specimens/vitr23/46094c1.htm>

биотитом и амфиболом.

*Цвет.* Серовато-белый, серый, розоватый, желтоватый или коричневатый.

*Структура.* Порфировая, скрытокристаллическая.

*Текстура.* Полосчатая, пористая, флюидальная

*Удельный вес.* 2,5

*Форма залегания.* Потоки, купола, щитовидные вулканы, небольшие гипабиссальные интрузии и дайки.

*Отдельность.* Столбчатая.

*Генезис.* Эффузивный аналог сиенита. Неизменённая (кайнотипная) порода.

*Месторождения.* Белоруссия, Чехия, Франция, Северная Италия, Армения, Кавказ и др.

*Практическое значение.* Красиво окрашенный трахит является декоративным и поделочным камнем.

*Диагностика.* Макроскопически очень похожи на липариты, но отличаются от них по отсутствию порфировых выделений кварца. Имеют шероховатый излом.

*Разновидности.* Породы, переходные между липаритами и трахитами называются **трахилипаритами**. Среди горных пород трахитового состава встречаются также вулканические стёкла, обсидианы и пехштейны.

**Андезит** (от названия горной системы Анды *Andes* в Южной Америке) (рис. 77 - 79).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.

*Химический состав.* Плаггиоклаз, вкрапленники полевых шпатов, роговой обманки, биотита

*Цвет.* Тёмно-серый или почти чёрный.



**Рис.77** Андезит.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_igneous.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_igneous.htm)



**Рис.78** Гидротермально измененный андезит. П-ов Краббе.

Коллекция В.К.Попова.



**Рис.79** Андезит природный осколочный

<http://www.2kamnya.ru/info.php3?id=6>

*Структура.* Неполнокристаллическая (порфировая), мелкозернистая.

*Текстура.* Плотная или пористая, флюидальная.

*Удельный вес.* 2,5

*Форма залегания.* Потоки, купола.

*Отдельность.* Столбчатая.

*Генезис.* Эффузивный аналог диорита. Кайнотипная (неизменённая) порода.

*Месторождения.* Кавказ (Армения), Камчатка, Курильские острова, Украина, Грузия, Камчатка, Кавказ, Средняя Азия, Приморье и др.

*Практическое значение.* Строительный и кислотоупорный материал.

*Разновидности.* По составу темноцветных минералов во вкрапленниках различают **авгитовые**, **гиперстеновые**, **роговообманковые** и **биотитовые** андезиты.

*Диагностика.* В свежем изломе андезиты менее шероховаты, чем трахиты и обладают занозистой поверхностью.

**Базальт** (лат. *basaltes*, *basanites*, от греч. *basanos* - пробный камень; по другой версии, - от эфюн. *basal* - железосодержащий камень) (рис. 80 - 83).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 45-52 % - основная порода.

*Химический состав.* Представляет собой смесь плагиоклаза (лабрадор, битовнит), пироксена и железисто-магнезиальных минералов (главным образом авгита). Иногда присутствует оливин в значительном количестве. Базальты часто пористые; поры заполнены халцедоном, агатом, хлоритом, кальцитом и особенно цеолитами.

*Цвет.* Чёрный, тёмно-серый.

*Структура.* Порфировая или афировая.

*Текстура.* Флюидальная, пузыристая, пористая, миндалекаменная.

*Удельный вес.* 2,7-2,8

*Форма залегания.* Покровы, потоки, некки, дайки, силлы, купола, траппы и др.

*Отдельность.* Пластовая, столбчатая, шаровая, призматическая.

*Генезис.* Эффузивная, кайнотипная порода.

*Месторождения.* Западная Шотландия, Исландия, Ирландия, Гренландия, Камчатка, Курилы, Сицилия и др.

*Практическое значение.* С базальтами связан исландский шпат<sup>22</sup> – ценное оптическое сырьё, месторождения меди, никеля, платины. Высокая прочность базальта позволяет использовать его как строительный и облицовочный материал; в качестве сырья для каменного (базальтового) литья, в виде щебня – как железнодорожный балласт, в виде щебня и брусчатки – в дорожном строительстве. Базальтовые столбы находят применение в портовых сооружениях.

*Разновидности.* **Долериты** (греч. «долерос» - обманчивый) – базальты с долеритовой (полнокристаллической) структурой. **Глобазальты** – разновидности базальтов с большим количеством вулканического стекла в основной массе. По минеральному и химическому составу среди базальтов различают **оливиновые** - обогащены вкрапленниками оливина (до 40% массы пород) и **недонасыщенные кремнекислотой и толеитовые** (греч. «толос» - ил, грязь) базальты, отличающиеся повышенным содержанием кремнекислоты. Характерной особенно-

---

<sup>22</sup> Исландский шпат - прозрачная разновидность кальцита.

стью толеитовых базальтов является наличие кварца и часто щелочного полевого шпата; во вкрапленниках содержат оливины.

*Диагностика.* Цвет, вещественный состав вкрапленников, шероховатый излом, иногда видны поры.



**Рис. 80** Базальт.  
<http://www.geokhi.ru/eng/exhibition/expo2000/10e.htm>



**Рис. 81** Базальт.



**Рис. 82** Выходы базальта в Бушмилсе (Северная Ирландия).  
<http://www.krugosvet.ru/articles/19/1001941/0006093G.htm>



**Рис. 83** Базальт. Канатная лава. Неоген (плиоцен).  
Коллекция В.К.Попова.  
<http://www.fegi.ru/PRIMORYE/MUSEUM/FEGI/etrogr.htm>

### ***Палеотипные (изменённые)***

**Кварцевый порфир** (порфир - от греч. *porphýreos* — пурпурный, называется по цвету одной из разновидностей порфира) (рис. 84 - 86).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода.

*Химический состав.* Полевошпатово-кварцевая основная масса, частично замещённая вторичными минералами, и порфировыми включениями (в основном кварца, ортоклаза, часто с примесями плагиоклаза, биотита, роговой обманки, авгита).

*Цвет.* Розово- или красно-серый до тёмно-серого, иногда с зеленоватым оттенком.

*Структура.* Порфировая.

*Текстура.* Массивная или флюидальная.

*Удельный вес.* 2,3 – 2,4

*Форма залегания.* Потоки, покровы, купола, реже дайки и лакколиты, жилы и небольшие штоки. Иногда выполняют кальдеры или образуют лавовые озёра.

*Отдельность.* Столбчатая.

*Генезис.* Эффузивная, палеотипная (изменённая).

*Месторождения.* Чехословакия, Новая Зеландия, Северная Америка, Япония, Казахстан, Средняя Азия, Алтай и др.



**Рис. 84**

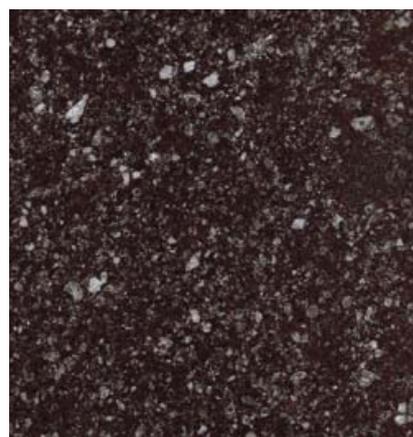
*Порфировая ваза. Летний Сад.*

<http://www.planetaru.com/en/sightseeing/letnsad.shtml>



**Рис. 85**

*Кварцевый порфир.*



**Рис. 86** *Кварцевый порфир.*

<http://stone.benefit.ru/html/P6.HTM>

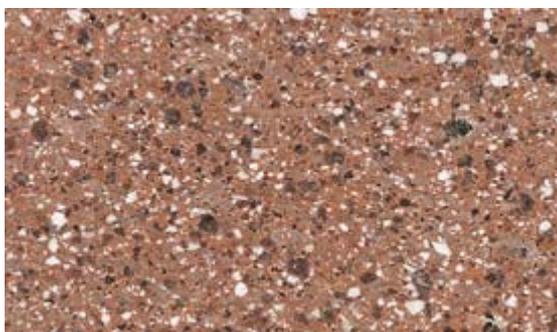
*Практическое значение.* Строительный материал. Туфы, обсидианы и пемзы липаритового состава употребляются как гидравлические добавки к цементу.

*Разновидности.* Ф е л ь з и т ы – без вкрапленников, с афировой структурой. К в а р ц е в ы е а л ь б и т о ф и р ы – породы, содержащие исключительно альбит. Встречаются туфы, обсидианы и пемзы липаритового состава.

*Диагностика.* В отличие от липаритов значительно выветрены, они более плотные, обладают матовым изломом.

**Полевошпатовый порфир** (порфир - от греч. *porphýreos* — пурпурный, называется по цвету одной из разновидностей порфира) (рис. 87).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.



**Рис. 87** Полевошпатовый порфир.  
[http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/dol\\_cov.htm](http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/dol_cov.htm)

*Химический состав.* Полевой шпат; стекло не содержится, или содержится в ничтожном количестве; биотит, амфибол, пироксен, каолинит, серицит и др.

*Цвет.* Тёмный, буроватый, светло-серый.

*Структура.* Порфировая.

*Текстура.* Массивная.

*Удельный вес.* 2,5 – 2,6

*Форма залегания.* Купола, по-

токи.

*Отдельность.* Столбчатая.

*Генезис.* Эффузивная, палеотипная (изменённая).

*Месторождения.* Сибирь, Восточная Фергана, Алдан, Кавказ, Урал, Казахстан, Алтай и др.

*Практическое значение.* Строительный материал.

*Диагностика.* В отличие от трахитов значительно выветрены.

*Разновидности.* Ортофидры - матовые, желтоватые или красноватые; вкрапленники состоят из мутного ортоклаза; тёмные минералы в значительной степени разрушены.

**Порфирит** (порфир - от греч. *porphýreos* — пурпурный, называется по цвету одной из разновидностей порфира) (рис. 88 – 90).



**Рис. 88** Дайки низкотитанистых порфиритов.  
<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#108>

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода.

*Химический состав.* Плагиоклаз, вкрапленники полевого шпата; биотит, роговая обманка, пироксен; изредка встречаются вкрапленники оливина.

*Цвет.* В зависимости от степени изменения основной массы бывают серовато-зелёного и темноокрашенные порфириты, обычно тёмно-бурого цвета.

*Структура.* Порфировая.

*Текстура.* Массивная.

Удельный вес. 2,5 – 2,6  
Форма залегания. Купола, потоки.



**Рис. 89** Порфирит.  
<http://stone.benefit.ru/html/P4.HTM>



**Рис. 90** Порфирит.  
[http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/dol\\_cov.htm](http://www26.brinkster.com/jrob/rocks/dol_cov.htm)

*Отдельность.* Столбчатая, плитчатая.

*Генезис.* Эффузивная, палеотипная (изменённая).

*Месторождения.* Сибирь, Восточная Фергана, Алдан, Кавказ, Урал, Казахстан, Алтай и др.

*Практическое значение.* Строительный материал.

*Разновидности.* Ортофидры - матовые, желтоватые или красноватые; вкрапленники состоят из мутного ортоклаза; тёмные минералы в значительной степени разрушены.

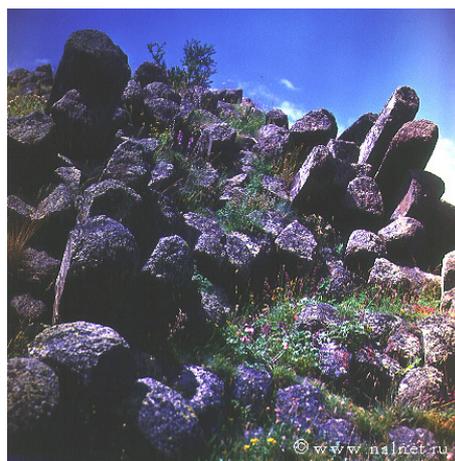
*Диагностика.* В отличие от трахитов значительно выветрены.

**Диабаз** (франц. *diabase*) (рис. 91 - 94).

*Кислотность.* SiO<sub>2</sub> 45-52 % - основная порода.



**Рис. 91** Дайковый комплекс диабазов и риолитов в баймак-бурибайской свите. Северо-восточная оконечность д. Самарское.  
<http://minerals.ilmeny.ac.ru/UFA/report01.htm#100>



**Рис. 92** Диабазы. Кавказ.  
<http://www.nalnet.ru/Photo/pic/index22.htm>

*Химический состав.* Плаггиоклаз (чаще всего лабрадор), пироксен, оливин. Акцессорные минералы – магнетит, ильменит, апатит, иногда биотит и роговые обманки. Иногда присутствует кварц



**Рис. 93** Железо в диабазе.  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr23/85887c1en.htm>



**Рис. 94** Шлиф диабазы.  
Южная Калифорния.  
<http://geo.web.ru:8100/IgMetAtlas/plutonic-micro%7F/diabase.X.html>

*Цвет.* Тёмно-зелёный, зеленовато-серый

*Структура.* Скрытокристаллическая, мелко- и среднезернистая

*Текстура.* Массивная, плотная.

*Удельный вес.* 2,7

*Форма залегания.* Жилы, дайки, покровы, силлы.

*Отдельность.* Столбчатая, шаровая.

*Генезис.* Эффузивная, палеотипная (изменённая).

*Месторождения.* Распространены очень широко. Кавказ, Армения, Карелия, Закавказье, Украина, Урал и др.

*Практическое значение.* Строительный материал.

*Разновидности.* С п л и т ы – образуются в результате подводных морских излияний. К о н г а д и а б а з (кварцевый диабаз) – диабаз с кварцем. Д о л е р и т ы - диабазы, в которых присутствуют продукты разрушения. П и к р и т – базальты (океаниты) – оливиновые базальты и переходные к перидотитам породы. При наличии вкрапленников диабазы называются диабазовыми п о р ф и р и т а м и .

*Диагностика.* Цвет, структура.

## ***В у л к а н и ч е с к и е   п о р о д ы .***

**Пемза** (от лат. *pumex*), (рис.100).

*Кислотность.* Переменная.

*Химический состав.* Переменный химический состав.

*Цвет.* Белый, серый, жёлтый.

*Структура.* Стекловатая.

*Текстура.* Пористая.

*Удельный вес.* Легкий

*Форма залегания.* Покровы.

*Отдельность.* Не образует.

*Генезис.* Вулканическая порода, образующаяся в результате вспучивания и быстрого застывания кислых лав (60-73% SiO<sub>2</sub>), сильно насыщенных парами и газами.



**Рис. 100** Пемза.

<http://minpro.ru/pemza>

*Месторождения.* Месторождения пемзы встречаются во многих областях проявления вулканизма; она часто залегает совместно с различными вулканическими пеплами и туфами. За рубежом залежи пемзы высокого качества имеются на Липарских островах (Италия), Исландия, Германия. Месторождения пемзы известны также в Армении (Анийская группа) и на Северном Кавказе (в районе Нальчика).

*Практическое значение.* Применяется в качестве абразивного материала, в химической промышленности - для фильтров, сушильных аппаратов и т.п. Пемзовая мелочь употребляется в качестве заполнителя лёгких бетонов, пемзовый песок и пепел используются в качестве гидравлических добавок к цементу.

*Диагностика.* Структура, текстура.

*Разновидности.* Нет.

### **Вулканический туф** (итал. *tuff*), (рис.101).

*Кислотность.* Переменная.

*Химический состав.* Переменный химический состав.

*Цвет.* Различный: фиолетово-розовый у арктического, жёлтый и оранжевый у анийского (Армения).

*Структура.* Стекловатая.



**Рис. 101**

*Вулканический туф.*

<http://kirpich.by.ru/about.html>

*Текстура.* Плотная.

*Удельный вес.* Легкий

*Форма залегания.* Покровы.

*Отдельность.* Не образует.

*Генезис.* Вулканическая порода. Образование туфа может происходить либо путём непосредственного осаждения из воздуха при извержении вулкана, либо в результате переноса туфового материала водными и воздушными потоками.

*Месторождения.* Армения; за рубежом - в Италии (близ Рима и Неаполя), в Исландии и др.

*Практическое значение.* Употребляются как очень ценный строительный материал (заполнитель в лёгких бетонах, стеновой материал), обладающий высокими декоративными качествами.

*Диагностика.* Структура, текстура.

*Разновидности.* По составу среди туфов выделяются липаритовые, дацитовые, андезитовые, базальтовые и др.

**Обсидиан** [лат. *Obsidianus lapis* - камень Обсидия; согласно Плинию Старшему, эту породу открыл в Эфиопии некто Обсидий (*Obsidius*, правильнее *Obsius*)], (рис. 102).



**Рис. 102** *Обсидиан.*  
<http://minpro.ru/pemza>

*Кислотность.* Переменная.

*Химический состав.* Переменный химический состав.

*Цвет.* Обычно тёмных тонов (чёрная, красновато-чёрная и др.).

*Структура.* Стекловатая.

*Текстура.* Однородная.

*Удельный вес.* Легкий.

*Форма залегания.* Покровы.

*Отдельность.* Не образует.

*Генезис.* Вулканическая порода. Образуется при застывании вязких разновидностей кислой липаритовой или липарито-дацитовый лавы.

*Месторождения.* Распространён в областях вулканической деятельности (Закавказье, Камчатка); за рубежом - в Италии, Мексике.

*Практическое значение.* Основное использование - в качестве вспучивающегося наполнителя лёгких бетонов. Некоторые разновидности обсидиана используются в качестве поделочного камня. В каменном и бронзовом веках обсидиан применялся для изготовления наконечников стрел и копий, ножей, скребков.

*Диагностика.* Структура, текстура.

*Разновидности.* Смоляной камень (цехштейн), перлит, тахилит, сордавалит.

Данные об описанных выше магматических породах для наглядности сведены в единую таблицу (табл. 4).

Таблица 4

## Сводная таблица основных типов магматических пород.

№	1.	2.	3.	4.
Название	<b>Пегматит</b>	<b>Гранит</b>	<b>Сиенит</b>	<b>Диорит</b>
Структура	Полнокристаллическая, крупнозернистая; структуры закономерного прорастания полевого шпата правильно ориентированными зернами кварца – пегма-титовая (графическая) структура.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, средне- и крупнозернистая.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, иногда порфириовидная, мелко- и среднезернистая.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, среднезернистая.
Текстура	Массивная.	Массивная	Массивная	Массивная
Состав	SiO <sub>2</sub> >75 % - ультракислая порода. Полевые шпаты, чаще всего калиевые, кварц, слюда. Характерно присутствие берилла, турмалина	SiO <sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода. Кварц, калиевые полевые шпаты, кислые плагиоклазы, примеси слюды, реже роговой обманки, авгита.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Калиевый полевой шпат, плагиоклаз, с примесью цветных минералов: роговой обманки, биотита, пироксена, изредка оливина.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Плагиоклаз, роговая обманка, реже авгит и биотит, иногда присутствует кварц; титанит, апатит и магнетит.
Цвет	Розовый, красноватый, светло-серый, желтоватый и др.	Розовый, красноватый, светло-серый, желтоватый и др.	Светлоокрашенные породы, сероватые и розоватые, в зависимости от цвета калиевого полевого шпата и содержания темноцветных минералов.	Обычно тёмно-зеленый или коричнево-зеленый.
Условия образования	Гипабиссальные, преимущественно жильные породы. Жилы, штоки, линзы.	Интрузивная (плутоническая) порода. Залегают чаще всего в форме батолитов, штоков, реже образуют, дайки, лакколиты и жилы.	Интрузивная (плутоническая) порода. Образует дайки, штоки.	Интрузивная порода. Формирует штоки, жилы, лакколиты и др. интрузивные массивы.
Применение	Основной источник полевых шпатов для керамической и стекольной промышленности, слюды и пьезо-кварца - для электротехнической промышленности, а также драгоценных камней.	Используется для внешней облицовки зданий и сооружений, а также для скульптурных работ. С гранитными телами связаны месторождения различных ценных металлов (олова, вольфрама, молибдена, свинца, цинка и др.).	Строительный материал.	Служит строительным материалом, облицовка зданий, изготовление ваз, столешниц, и т.д. В связи с диоритами часто развиваются золотоносные кварцевые жилы.
Диагностика	Цвет, структура.	От сиенита отличается наличием кварца.	В отличие от гранита «не блестит», так как практически не содержит кварца.	Окраска диорита более светлая, чем у габбро, иногда имеют совершенно лейкократовый облик.
Разновидности	Гранит-пегматиты – связаны с гранитной магмой.	Рапакиви, гранит-порфир, чарнокит, аляскиты, гранодиориты, тоналиты, плагиограниты.	Кварцевый сиенит; щелочные сиениты, фельдшпатоидные сиениты.	Нет.

Интрузивные магматические горные породы

Продолжение табл. 4

№		5.	6.	7.	8.
Название		<b>Габбро</b>	<b>Лабрадорит</b>	<b>Дунит</b>	<b>Перидотит</b>
Структура		Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, крупно- и среднезернистая.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, крупнозернистая.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, среднезернистая.	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая.
Текстура		Массивная, иногда пятнистая, полосчатая.	Массивная.	Массивная.	Массивная, часто афанитовая (плотная).
Состав		SiO <sub>2</sub> 45-52 % - основная порода.	SiO <sub>2</sub> 45-52 % - основная порода. Состоит преимущественно из плагиоклаза — лабрадора с незначительной примесью (не более 5—7%) пироксенов и рудных минералов.	SiO <sub>2</sub> <45 % - ультраосновная порода. Почти мономинеральная оливиновая порода. В виде второстепенных примесей встречается хромит или магнетит, иногда платина.	SiO <sub>2</sub> <45 % - ультраосновная порода. Оливин (70-30%) и пироксены (30-70%), роговая обманка; встречаются: магнетит, ильменит, пирротин, хромит, шпинель, гранат и др.
Цвет		Чёрная, тёмно-зелёная, иногда пятнистая порода.	Обычно серый, коричневатый или почти чёрный. Но встречаются и светлые разновидности.	Чёрный, тёмно- или светло-зелёный.	Тёмной окраски, чаще всего зелёного или зеленовато-серого цвета.
Условия образования		Интрузивная порода. Образует крупные лакколиты, лополиты, дайки и штоки.	Интрузивная порода. Образует лакколиты, лополиты, дайки, штоки.	Интрузивная порода. Образует штоки.	Интрузивная порода. Образует штоки.
Применение		Габбро иногда содержат скопления рудных минералов, применяются в качестве строительного и облицовочного камня	Применяется как высококачественный облицовочный камень	Иногда содержат хромит и платину в промышленных масштабах.	К перидотитам приурочены месторождения хромита, платиновых и силикатных никелевых руд, хризотил-асбеста, талька и др. полезных ископаемых.
Диагностика		Более темная порода по сравнению с диоритом.	Синий отлив на гранях слагающих кристаллов.	Тёмно-зелёная окраска, связанная с большим количеством оливина.	Темно-зеленая окраска.
Разновидности		<i>Анортозиты, нориты, троктолиты, оливиновые габбро, плагиоклазиты.</i>	Является разновидностью габбро.	<i>Хромитовые дуниты</i> – богатые хромитом дуниты. <i>Сидеронитовый дунит</i> - дунит с магнетитом.	Перидотит с ромбическим пироксеном называется <i>гарцбургитом (саксонитом)</i> , с моноклинным – <i>верлитом</i> ; с ромбическим – <i>вебстеритом (лерцолитом)</i> .

Интрузивные магматические горные породы

Продолжение табл. 4

№	9.	10.	11.	12.
Название	<b>Пироксенит</b>	<b>Липарит</b>	<b>Трахит</b>	<b>Андезит</b>
Структура	Полнокристаллическая, равномерно кристаллическая, средне- и крупнозернистая.	Порфировая или стекловатая.	Порфировая, скрытокристаллическая.	Неполнокристаллическая (порфировая), мелкозернистая.
Текстура	Массивная, часто афанитовая (плотная), порфиroidная.	Стекловатая или порфировая.	Полосчатая, пористая, флюидальная	Плотная или пористая, флюидальная.
Состав	SiO <sub>2</sub> <45 % - ультраосновная порода. Пироксен, роговая обманка, из акцессорных минералов присутствует оливин, биотит, магнетит, ильменит, иногда хромит.	SiO <sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода. Вулканическое стекло, полевые шпаты, кварц, листочки биотита, реже удлинённые или игольчатые кристаллы роговой обманки.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз, биотит, амфибол и пироксен.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Плагиоклаз, вкрапленники полевых шпатов, роговой обманки, биотита
Цвет	Тёмные, зеленовато-серые, иногда с буроватым оттенком, черные.	Светлые, почти белые.	Серовато-белый, серый, розоватый, желтоватый или коричневатый.	Тёмно-серый или почти чёрный.
Условия образования	Интрузивная порода. Образует небольшие массивы.	Эффузивный аналог гранита. Кайнотипные (неизменённые). Встречается в виде лавовых потоков, вулканических куполов, пепловых накоплений.	Эффузивный аналог сиенита. Неизменная (кайнотипная) порода. Потоки, купола, небольшие гипабиссальные интрузии и дайки.	Эффузивный аналог диорита. Кайнотипная (неизменённая) порода. Потоки, купола.
Применение	К пироксенитам приурочены месторождения сульфидных руд, никеля.	Используется для покрытия дорог и для строительных целей.	Красиво окрашенный трахит является декоративным и поделочным камнем.	Строительный и кислотоупорный материал.
Диагностика	По сравнению с перидотитами и дунитами более тёмно окрашены (почти чёрные), имеют более крупнокристаллическое строение.	Неровный, шероховатый излом.	Отличаются от липаритов по отсутствию порфировых выделений кварца. Имеют шероховатый излом.	В свежем изломе андезиты менее шероховаты, чем трахиты и обладают занозистой поверхностью.
Разновидности	<i>Косъвиты</i> – пироксениты, состоящие из моноклинного пироксена со значительной примесью магнетита.	<i>Риолиты</i> богаты кремнеземом (68-77%). <i>Обсидиан</i> – стекловатая разновидность липарита тёмного цвета. <i>Перлиты</i> – скорлуповатые разновидности обсидианов. <i>Пемзы</i> – светлые, пористые, легкие. <i>Пехштейны</i> – чёрные, красные, бурые, зеленоватые, иногда желтоватые, реже белые вулканические стёкла со смоляным блеском.	Породы, переходные между липаритами и трахитами называются <i>трахилипаритами</i> . Среди горных пород трахитового состава встречаются также вулканические стёкла, обсидианы и пехштейны.	По составу темноцветных минералов во вкрапленниках различают <i>авгитовые</i> , <i>гиперстеновые</i> , <i>роговообманковые</i> и <i>биотитовые андезиты</i> .

Эффузивные магматические горные породы  
Кайнотипные (неизменённые)

Продолжение табл. 4

№	Название	13.	14.	15.	16.
		<b>Базальт</b>	<b>Кварцевый порфир</b>	<b>Полевошпатовый порфир</b>	<b>Порфирит</b>
Структура		Порфировая или афировая.	Порфировая.	Порфировая.	Порфировая.
Текстура		Флюидальная, пузыристая, пористая, миндалекаменная	Массивная или флюидальная.	Массивная.	Массивная.
Состав		SiO <sub>2</sub> 45-52 % - основная порода. Смесь плагиоклаза, пироксена и железистомагнезиальных минералов; оливин Поры заполнены халцедоном, агатом, хлоритом, кальцитом и особенно цеолитами.	SiO <sub>2</sub> 65-75 % - кислая порода. Полевошпатово-кварцевая основная масса, частично замещённая вторичными минералами, и порфировыми включениями.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Полевой шпат; биотит, амфибол, пироксен, каолинит, серицит и др.	SiO <sub>2</sub> 52-65 % - средняя порода. Плагиоклаз, полевой шпат; биотит, роговая обманка, пироксен; оливин.
Цвет		Чёрный, тёмно-серый.	Розово- или красно-серый до темно-серого, иногда с зеленоватым оттенком.	Тёмный, буроватый, светло-серый.	Бывают серовато-зелёного и темноокрашенные порфириты, обычно тёмно-бурого цвета.
Условия образования		Эффузивная, кайнотипная порода. Покровы, потоки, некки, дайки, силлы, купола, траппы и др.	Эффузивная, палеотипная (изменённая). Потоки, покровы, купола, реже дайки и лакколиты, жилы и небольшие штоки.	Эффузивная, палеотипная (изменённая). Образует купола, потоки.	Эффузивная, палеотипная (изменённая). Образует купола, потоки.
Применение		Используется как строительный и облицовочный материал; в качестве сырья для каменного (базальтового) литья и др.	Строительный материал. Туфы, обсидианы и пемзы липаритового состава употребляются как гидравлические добавки к цементу.	Строительный материал.	Строительный материал.
Диагностика		Цвет, вещественный состав вкрапленников, шероховатый излом, иногда видны поры.	В отличие от липаритов значительно выветрены, они более плотные, обладают матовым изломом.	В отличие от трахитов значительно выветрены.	В отличие от трахитов значительно выветрены.
Разновидности		<i>Долериты</i> ; – с полнокристаллической структурой. <i>Гиалобазальты</i> – разновидности базальтов с большим количеством вулканического стекла в основной массе. По минеральному и химическому составу: <i>оливиновые, толеитовые</i>	Нет.	<i>Ортофиры</i> - матовые, желтоватые или красноватые; вкрапленники состоят из мутного ортоклаза; тёмные минералы в значительной степени разрушены.	<i>Ортофиры</i> - матовые, желтоватые или красноватые; вкрапленники состоят из мутного ортоклаза; тёмные минералы в значительной степени разрушены.

Эффузивные магматические горные породы  
Кайнотипные (изменённые)

Эффузивные магматические горные породы  
Палеотипные (изменённые)

Продолжение табл. 4

№		17.		18.	19.	20.
Название	<i>Эффузивные магматические горные породы Палеотипные (изменённые)</i>	<b>Диабаз</b>	<i>Вулканические породы.</i>	<b>Пемза</b>	<b>Вулканический туф</b>	<b>Обсидиан</b>
Структура		Скрытокристаллическая, мелко- и среднезернистая.		Стекловатая	Стекловатая	Стекловатая
Текстура		Массивная, плотная.		Пористая.	Плотная.	Однородная.
Состав		SiO <sub>2</sub> 45-52 % - основная порода. Плагиоклаз, пироксен, оливин, магнетит, ильменит, апатит, иногда биотит и роговые обманки. Иногда присутствует кварц		Переменный химический состав	Переменный химический состав	Переменный химический состав
Цвет		Тёмно-зелёный, зеленовато-серый		Белый, серый, жёлтый.	Различный: фиолетово-розовый у арктического, жёлтый и оранжевый у анииского (Армения).	Обычно тёмных тонов (чёрная, красновато-чёрная и др.).
Условия образования		Эффузивная, палеотипная (изменённая). Жилы, дайки, покровы, силлы.		Образуется в результате вспучивания и быстрого застывания кислых лав (60-73% SiO <sub>2</sub> ), сильно насыщенных парами и газами.	Образуется либо путём осаждения из воздуха при извержении вулкана, либо в результате переноса туфового материала водными и воздушными потоками.	Образуется при застывании вязких разновидностей кислой липаритовой или липаритодацитовой лавы.
Применение		Строительный материал.		Применяют как абразивный материал, заполнитель бетонов, добавку к цементу.	Очень ценный строительный материал, обладающий высокими декоративными качествами.	В качестве вспучивающегося наполнителя лёгких бетонов; поделочный камень.
Диагностика		Цвет, структура.		Структура, текстура	Структура, текстура	Структура, текстура
Разновидности		<i>Спилиты</i> – образуются в результате подводных морских излияний. <i>Конга-диабаз</i> – диабаз с кварцем. <i>Долериты</i> - диабазы, в которых присутствуют продукты разрушения. <i>Пикрит-базальты</i> – оливиновые базальты и переходные к перидотитам породы. При наличии вкрапленников диабазы называются <i>диабазовыми порфиритами</i> .		Нет.	По составу среди туфов выделяются липаритовые, дацитовые, андезитовые, базальтовые и др.	<i>Смоляной камень (цехштейн), перлит, тахилит, сордавалит.</i>

## ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ.

Осадочными горными породами называются породы, существующие в термодинамических условиях, характерных для поверхностной части земной коры и образующиеся в результате переотложения продуктов выветривания и разрушения различных горных пород, химического и механического выпадения осадка из воды, жизнедеятельности организмов или всех трех процессов одновременно.

Более трёх четвертей площади материков покрыто осадочными породами, поэтому с ними наиболее часто приходится иметь дело при геологических работах. Кроме того, с осадочными породами связана подавляющая часть разрабатываемых месторождений полезных ископаемых, в том числе нефти и газа. В них хорошо сохранились остатки вымерших организмов, по которым можно проследить историю развития Земли.

Изучением осадочных горных пород занимается наука **литология**<sup>23</sup>.

### *Генезис осадочных горных пород.*

Образование осадков, из которых возникают осадочные горные породы, происходит на поверхности земли, в её приповерхностной части и в водных бассейнах.

Процесс формирования осадочной горной породы называется **литогенезом** и состоит из нескольких стадий:

- образование осадочного материала;
- перенос осадочного материала;
- седиментогенез – накопление осадка;
- диагенез – преобразование осадка в осадочную горную породу;
- катагенез – стадия существования осадочной породы в зоне стратисферы<sup>24</sup>;
- метагенез – стадия глубокого преобразования осадочной породы в глубинных зонах земной коры.

---

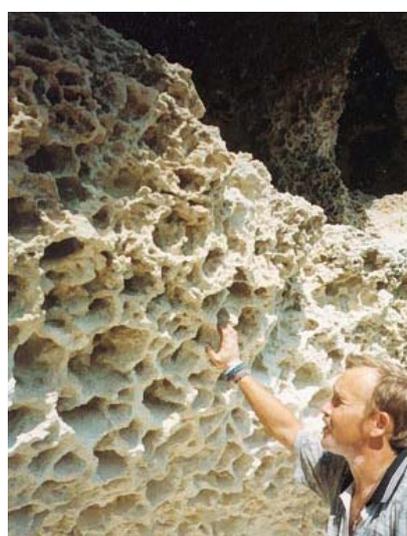
<sup>23</sup> *Литология* (греч. líthos — камень и lógos — слово, учение) - наука о современных осадках и осадочных породах, их составе, строении, происхождении и закономерностях пространственного размещения.

<sup>24</sup> *Стратисфера* - осадочная оболочка земли, верхняя часть земной коры, состоящая главным образом из осадочных горных пород.

## ***Образование осадочного материала.***

Образование осадочного материала происходит за счет действия различных факторов - влияния колебаний температуры, воздействия атмосферы, воды и организмов на горные породы и т.д. Все эти процессы приводят к изменению и разрушению пород и объединяются одним термином **выветривание** (рис. 103).

Различают выветривание **механическое**, когда раздробление пород происходит вследствие тектонических процессов, деятельности воды, ветра, льда, под влиянием силы тяжести и других причин. **Химическое** выветривание связано с тем, что многие минералы, оказавшись у поверхности Земли, вступают в различные химические реакции. Объем их при этом увеличивается, и горная порода разрушается. Основными факторами этого типа вы-



**Рис.103** Примеры выветривания.

<http://our-crimea.narod.ru/photos/demer/demer-02.htm>

<http://uzm.by.ru/archive/krym.htm>

ветривания являются атмосферная и грунтовая вода, свободные кислород и углекислота, растворенные в воде органические и некоторые минеральные кислоты. К процессам химического выветривания относятся окисление, гидратация, растворение и гидролиз<sup>25</sup>. Химическое разложение протекает одновременно с механическим раздроблением. **Физическое** (морозное) выветрива-

---

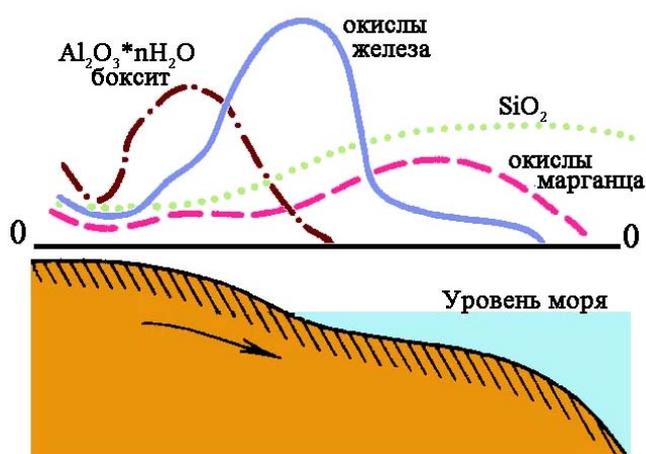
<sup>25</sup> *Окисление* - химическое изменение породы, сопровождающееся введением в её состав кислорода. Реакции окисления протекают обычно с образованием оксидов. *Гидратация* - поглощение минералами воды. *Растворение* происходит под действием воды, стекающей по поверхности выхода горной породы или просачивающейся через её трещины и поры. При этом она избирательно выносит (выщелачивает) из породы только некоторые вещества. Этот процесс ускоряется за счет высокой концентрации ионов  $H_2$ , а также содержания  $O_2$ ,  $CO_2$  и органических кислот. *Гидролиз* – это процесс разрушения кристаллической структуры под действием воды и растворенных в ней ионов. В результате образуется новая структура, существенно отличающаяся от первоначальной.

ние протекает под влиянием колебаний температуры, вследствие чего минералы, слагающие породы, испытывают попеременно то сжатие, то расширение. Это приводит к образованию трещин и в конечном итоге к разрушению пород. Особенно активно физическое выветривание в районах с континентальным климатом, где отмечается существенная разница суточных и сезонных температур. Биологическое выветривание производят живые организмы (бактерии, грибки, вирусы, роющие животные, низшие и высшие растения и т.д.)

### ***Перенос осадочного материала.***

Осадочный материал обычно не остается на месте, а переносится под действием различных факторов в те участки земной поверхности, где существуют условия, благоприятные для его накопления и захоронения.

Перенос осуществляется главным образом с помощью воды и ветра; кроме них заметную роль в перемещении осадков играют движущиеся ледники, айсберги и прибрежные льды, а также связанные с проявлением силы тяжести оползни, осыпи, обвалы; а также живые организмы. Чем меньше частицы, тем дальше они могут быть перемещены. В районах вечной мерзлоты (нивальный климат) глетчеры транспортируют обломочные продукты выветривания любых размеров и отлагают их в качестве донных и конечных морен. В областях пустынь (аридный климат) господствует эоловый перенос. Он обуславливает сортировку по крупности зерен на крупные обломки, остающиеся на месте образования, песок, образующий дюнные ландшафты, и тончайшую пыль, лёс, который часто выносится ветром из пустынь и отлагается в соседних районах.



**Рис. 104** Схема химического осадкообразования в морском бассейне.

Р.Юбельг, П.Шрайтер, 1977

Главной транспортирующей силой на Земле служит вода, которая в районах с избыточными осадками (гумидный климат, тропический или умеренный) в форме грунтовых вод, вод источников, речной и озерной воды стремится под уклон к океану, формируя при этом мор-

ской воды стремится под уклон к океану, формируя при этом мор-

фологию поверхности. В зависимости от размеров и характера переносимого водой материала, он транспортируется либо путем перекачивания, либо во взвешенном состоянии или в растворенном виде. При понижении скорости течения происходит последовательное отложение обломков согласно закону механической осадочной дифференциации: глыбы – валуны – галька – гравий – песок – алевроит – пелит. Вещества, находящиеся в коллоидном и истинном растворе, выпадают только вследствие химических процессов. Продукты выветривания распределяются, таким образом, по всей поверхности Земли, подвергаются при этом сортировке и, наконец, отлагаются в виде осадков в самых глубоких местах или на материках, или (преимущественно) в морских бассейнах (рис. 104).

### ***Накопление осадка (седиментогенез<sup>26</sup>).***

Транспортируемый осадочный материал осаждается в пониженных участках рельефа. Скорость накопления осадка колеблется в очень широких пределах — от долей миллиметра (глубоководные части морей и океанов) до нескольких метров в год (в устьях крупных горных рек).

Длительное и устойчивое погружение области осадконакопления предопределяет образование мощной, однородной осадочной толщи. В случае частой смены тектонического режима происходит переслаивание осадков, различных по составу и строению.

В процессе переноса и осаждения осадочного материала под влиянием механических, химических, биологических и физико-химических процессов происходит его сортировка и избирательный переход в твердую фазу растворенных и газообразных веществ. Этот процесс называется *осадочной дифференциацией*<sup>27</sup>. Образовавшиеся в результате осадочные породы в большинстве своем отличаются от магматических и метаморфических более простым химическим составом, высокой кон-

---

<sup>26</sup> *Седиментогенез* (от лат. *sedimentum* - оседание и *генез* - происхождение, возникновение) – накопление осадка.

<sup>27</sup> Выделяют следующие типы осадочной дифференциации: *механическая* - происходит в процессе транспортировки и осаждения обломков минералов, горных пород, скелетных остатков организмов и отмерших остатков растений в зависимости от их размера, формы и плотности. *Химическая* дифференциация – совокупность геохимических процессов, происходящих в гидросфере, приводящих к избирательному переходу растворенных веществ в твердую фазу в зависимости от изменения температуры, давления и др. *Биогенная* дифференциация проявляется при осаждении растворенных и газообразных веществ благодаря жизнедеятельности организмов, строящих из них свои скелеты или накапливающих их в мягких тканях. *Физико-химическая* дифференциация проявляется при осаждении коллоидного материала в результате укрупнения частиц при коагуляции коллоидных растворов, происходящей при смешении растворов с неодинаково заряженными частицами, повышении концентрации частиц, а также под влиянием радиоактивного излучения, изменения свойств среды и других причин.

центрацией отдельных компонентов или более высокой степенью однородности частиц по размеру.

Следует иметь в виду, что наряду с дифференциацией на поверхности нашей планеты может происходить и смешивание осадочного материала (интеграция), поступающего из разных источников сноса. Этот процесс приводит к образованию полиминеральных пород, слагающихся как разнородными обломочными компонентами, так и биогенными и хемогенными образованиями.

### *Диагенез*<sup>28</sup>.

Осадок, накопившийся на дне водоема или на поверхности суши, обычно представляет собой неравновесную систему, состоящую из твердой, жидкой и газовой фаз. Между составными частями осадка начинается физико-химическое взаимодействие. Активное участие в преобразовании осадков принимают обитающие в иле организмы.

Во время диагенеза происходит уплотнение осадка под тяжестью образующихся выше него слоев, обезвоживание, перекристаллизация. Взаимодействие составных частей осадка между собой и окружающей средой приводит к растворению и удалению неустойчивых компонентов осадка и формированию устойчивых минеральных новообразований. Разложение отмерших животных организмов и растений вызывает изменение окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных свойств осадка. К концу диагенеза жизнедеятельность бактерий и других организмов почти полностью прекращается, а система осадок — среда приходит в равновесие.

Продолжительность стадии диагенеза изменяется в широких пределах, достигая десятков и даже сотен тысяч лет. Мощность зоны осадка, в которой протекают диагенетические преобразования, также колеблется в значительном диапазоне и, по оценке большинства исследователей, составляет 10— 50 м, а в ряде случаев, по видимому, может быть и больше.

---

<sup>28</sup> *Диагенез* (греч. dia — приставка со значением завершенности и генез - происхождение, возникновение), совокупность процессов преобразования рыхлых осадков в осадочные горные породы.

### ***Катагенез*<sup>29</sup>.**

В эту стадию осадочные породы претерпевают существенные преобразования, сопровождаемые изменением химико-минералогического состава, строения и физических свойств. Основными факторами преобразования пород являются температура, давление, вода, растворенные в ней соли и газообразные компоненты, рН, Eh и радиоактивное излучение. Направленность и интенсивность преобразований в значительной степени определяются составом и физическими свойствами пород.

В процессе катагенеза происходит уплотнение пород, их обезвоживание, растворение неустойчивых соединений, а также перекристаллизация и образование новых минералов.

### ***Метагенез*<sup>30</sup>.**

На этой стадии происходит максимальное уплотнение осадочных пород, меняется их минеральный состав, структура. Преобразование пород происходит под влиянием тех же факторов, что и при катагенезе, но температура более высокая (200—300 °С), выше минерализация и газонасыщенность вод, иные значения Eh и рН.

Изменение структуры пород проявляется в укрупнении размера зерен, в упорядочении их ориентировки, перекристаллизации с исчезновением фаунистических остатков. Завершается стадия метагенеза переходом осадочных пород в метаморфические.

### ***Факторы литогенеза.***

Формирование осадочных горных пород — сложный природный процесс, происходящий в различных условиях, которые определяются разнообразными факторами и силами земной и космической природы. Среди них ведущую роль играют тектонические процессы. Огромное влияние на осадкообразование оказывают климат, рельеф, жизнедеятельность животных и растительных организмов, но все эти факторы в значительной степени регламентируются тектоникой. Кроме того, на образование осадочных пород накладываются отпеча-

---

<sup>29</sup> *Катагенез* (греч. kata... — приставка, означающая движение сверху вниз, переходность и генез - происхождение, возникновение), стадия химико-минералогического преобразования осадочных горных пород после их возникновения (в результате диагенеза) и до превращения их в метаморфические горные породы.

<sup>30</sup> *Метагенез* (греч. meta... — между, после, через и генез - происхождение, возникновение), совокупность процессов преобразования осадочных горных пород при их погружении в более глубокие горизонты литосферы в условиях повышающихся давления и температуры. Метагенез предшествует метаморфизму.

ток газовый состав атмосферы, солевой состав и минерализация вод гидросферы, рН среды, интенсивность и формы проявления вулканической деятельности, состав пород в областях питания и некоторые другие.

Тектонические колебательные движения способствуют трансгрессии и регрессии морских водоемов и, следовательно, перемещение береговых линий. Это отражается на составе и строении отлагающихся осадков. В общем случае регрессия сопровождается укрупнением размера обломочных частиц, трансгрессия ведет к накоплению более тонкозернистых осадков. В ряде случаев в результате регрессии могут образоваться обширные мелководные водоемы, имеющие ограниченную связь с открытым морем. В условиях жаркого засушливого климата соленость вод таких бассейнов существенно возрастает, что может вызвать осаждение различных солей.

Вследствие тектонических движений изменяются положение областей сноса осадочного материала на континентах, рельеф поверхности, скорость течения рек и временных потоков, что сказывается на минеральном составе и размере обломочного материала. Тектонические колебательные движения являются одной из основных причин слоистого строения осадочных толщ и периодичности осадконакопления, что выражается в неоднократной повторяемости в геологическом разрезе слоев пород одинакового или близкого литологического состава. В зависимости от амплитуды и продолжительности колебательных движений, чередующиеся слои могут иметь различную мощность — от долей сантиметра до нескольких метров, а слагаемые ими литологические комплексы достигать нескольких сотен метров.

Тектонический режим в значительной мере определяет скорость накопления осадочного материала. Установлено, что в геосинклиналях она выше, чем на платформах. По данным В.Е.Хаина (1956 г.) и А.Б.Ронова (1958 г.), средняя скорость накопления осадков в этих областях соответственно составляла 30 - 320 и 3—13 мм за 1000 лет. Подмечено также, что скорость накопления осадков на равнинах ниже, чем в предгорьях, а в центральных частях океанических бассейнов — ниже, чем в прибрежных областях. Максимальные мощности и скорости накопления осадков характерны для областей компенсированного прогибания.

Большое влияние на формирование осадочных пород оказывают тектонические движения и магматизм, благодаря которым в процесс образования осадочного материала вовлекаются крупные массивы глубинных магматических и метаморфических пород.

Наконец, тектонический режим в значительной мере определяет размер и форму осадочных тел. В платформенных условиях, при региональном продолжительном погружении обычно образуются мощные геологические тела более или менее изометричной формы. В геосинклинальных прогибах — осадочные тела при значительной протяженности (сотни и тысячи километров) имеют небольшую ширину (десятки километров). С колебательными тектоническими движениями связано образование карбонатных органогенных построек рифового типа.

Существенную роль в формировании осадочных пород играет рельеф поверхности суши и дна водоемов. В горных районах может образовываться и перемещаться крупный обломочный материал — от первых миллиметров до нескольких метров. В равнинных областях обычно формируется мелкий обломочный материал, составляющий доли миллиметра. При скорости течения равнинных рек до 0,3—0,5 м/с может переноситься песок, алеврит, пелитовые частицы. Горные реки, скорость течения которых достигает 8—10 м/с, способны переносить валуны и даже глыбы. По мере выполаживания рельефа скорость течения континентальных водных потоков и их транспортирующие возможности убывают. В связи с этим в районах с сильно пересеченным рельефом накапливаются более крупнозернистые осадки, чем в пенеупленизированных.

В морских условиях рельеф дна бассейна в значительной мере определяет характер распределения осадка. Пониженные элементы рельефа благоприятны для его накопления, а приподнятые нередко подвергаются размыву, при этом в первую очередь уносятся наиболее мелкие частицы, и вследствие этого происходит относительное обогащение осадка крупными частицами. При крутом уклоне дна (более 20—30°) осадочный обломочный материал, не задерживаясь в прибрежной зоне, скатывается на глубину и отлагается на уступах или в зоне выполаживания рельефа дна.

Климат также оказывает большое влияние на формирование осадочных пород. Сам он определяется многими причинами и факторами, среди которых ведущую роль играют интенсивность солнечной радиации, положение участков поверхности Земли относительно Солнца, прозрачность и состав атмосферы, гипсометрия суши, соотношение площадей суши и моря, интенсивность теплового потока Земли и т. д. Все эти факторы в значительной мере определяются тектоническими причинами.

Учитывая важную роль климата на разных этапах образования осадочных пород, Н.М.Страхов (1960) выделил три климатических типа литогенеза: ледовый (низальный), гумидный, аридный и четвертый — аклиматический, вулканогенно-осадочный.

*Ледовый тип* литогенеза характеризуется тем, что основная часть осадочного материала «... поставляется в первую очередь механическим (морозным) выветриванием скал, не покрытых льдом (или снегом); сам ледник, медленно передвигаясь, отрывает от ложа выступающие участки и уносит обломки с собой». Перенос осадочного материала, осуществляется, таким образом, в основном ледниками и в незначительной степени водой подледниковых ручьев. В области осадконакопления отлагается совершенно неотсортированный по размеру материал, из которого затем формируются породы моренного типа. В современную эпоху ледовый тип литогенеза развит на континентальных массивах высоких широт (Гренландия, Антарктида и др.) и в горных районах, выше снеговой линии.

*Гумидный тип* литогенеза характеризуется тем, что осадочный материал образуется не только в результате механического выветривания, но и за счет химического разложения и жизнедеятельности организмов. Поскольку гумидный тип литогенеза осуществляется в различных климатических обстановках (тропической, субтропической, умеренной и даже холодной), то осадки в каждом конкретном случае имеют свои специфические особенности, влияющие на облик образующихся из них пород.

В условиях тропического и субтропического климатов при равнинном рельефе интенсивно протекает химическое выветривание пород, в холодном климате этот процесс сильно тормозится, но при наличии резко расчлененного рельефа могут интенсивно развиваться процессы механического выветривания. В итоге в область осадконакопления поступает обломочный материал, органические остатки, растворенные компоненты и коллоиды, которые, при изменении геохимической и термобарической обстановок, а также вследствие биохимической активности организмов могут перейти в осадок. Многообразие обстановок в областях гумидного литогенеза предопределяет наличие здесь широкого комплекса осадочных пород — песчаных, алевроитовых, глинистых, карбонатных, бокситов, диатомитов, углей и др.

*Аридный тип* литогенеза развивается в обстановке пониженной влажности и повышенной температуры. Он характерен для континентов (пустыни, полупустыни, сухие степи), но может быть развит и во внутриконтинентальных озерных и морских бассейнах (Каспийское, Красное моря и др.).

Осадочный материал в областях аридного литогенеза образуется главным образом за счет механического выветривания выходящих на поверхность пород, в результате химического осаждения солей, а также вследствие жизнедеятельности организмов, роль которых существенно понижается при увеличении солености вод бас-

сейнов. Часть осадочного материала поступает из располагающихся по соседству областей гумидного климата вместе с мощными временными потоками, ручьями и реками. В самих областях аридного климата перенос осадочного материала в значительной части осуществляется ветром. Для данного типа литогенеза характерны следующие породы: золотые пески и песчаники, глинисто-алевритовые образования, известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, каменная соль и некоторые другие.

*Аклиматический (вулканогенно-осадочный) тип* литогенеза не связан с климатом. Он присущ областям вулканической активности, которые располагаются в различных климатических зонах. В этом случае осадочный материал в значительной мере поставляется вулканами в виде вулканического пепла, вулканических бомб. Кроме того, продуктами вулканизма являются газы и сильно минерализованные горячие воды. Кроме вулканогенного материала при этом типе литогенеза, в формировании осадочных пород участвуют терригенные, хемогенные и органогенные компоненты. При наземной вулканической деятельности образуются породы, состоящие преимущественно из вулканического пепла, мелкозернистого обломочного и глинистого материала (туффыты, туфогенные породы). Подводный вулканизм способствует образованию вулканогенно-кремнистых, вулканогенно-известняковых и других пород.

В современную эпоху преобладает гумидный тип литогенеза, который господствует уже в течение длительного времени. На ранних этапах геологической истории Земли основная роль принадлежала вулканогенно-осадочному типу литогенеза.

**Ж и з н е д е я т е л ь н о с т ь о р г а н и з м о в**, как уже отмечалось, существенным образом отражается на осадочном пороодообразовании. Многие водные организмы строят свои скелеты, заимствуя химические соединения из воды морских бассейнов, причем они способны усваивать даже те вещества, которые не находятся в состоянии насыщенности (кремнезем, фосфаты и др.). После отмирания организмов их минеральные скелеты поступают в осадок и нередко образуют скопления большой мощности.

В осадках водоемов гумидных областей содержание органического вещества выше, чем в осадках аридных; в глинистых илах — больше, чем в песках и алевритах. Органическое вещество осадка в значительной мере определяет окислительно-восстановительную обстановку. Разложение органического вещества способствует изменению газового режима, щелочно-кислотных свойств среды, что в свою очередь отражается на состоянии осадка. В результате жизнедеятельности некоторых организмов формируются рифовые карбо-

натные постройки, образуются такие специфические породы, как каменные угли, фосфориты, диатомиты и др.

**Физико-географические условия** (в том числе температура, давление, влажность воздуха, облачность, солнечное сияние, осадки и др.) в областях формирования осадочного материала и зонах осадконакопления варьируют в широких пределах. Температура на поверхности осадка, например, колеблется в настоящее время в диапазоне от + 85°C (пустыни Африки и Южной Америки) до — 89,2°C (рекордно низкая температура, занесена в книгу Гиннеса: Антарктика, Станция "Восток"; 21 июля 1983 г., на высоте 3420 м). Давление в горах составляет доли единицы, а в океанических впадинах достигает 110—117 МПа. Довольно близкие термобарические условия наблюдаются и в стратисфере — зоне существования осадочных пород. Следует иметь в виду, что в течение геологической истории Земли эти параметры не оставались постоянными. Несомненно, что температура в зоне осадконакопления в целом была выше, возможно, что выше было и давление. Диапазон глубин существования осадочных пород был уже, а максимальное давление в стратисфере — меньше. Вполне возможно, что влажность, облачность, солнечное сияние в геологическом прошлом также существенно отличались от современных.

## ***Ф о р м ы   з а л е г а н и я   о с а д о ч н ы х г о р н ы х   п о р о д .   Г о р н ы й   к о м п а с .***

Первичной формой залегания осадочных горных пород является слой, или пласт (*рис. 105, 106*).

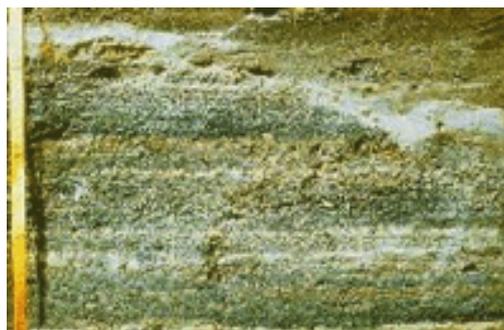
**П л а с т о м** (слоем) называется геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя параллельными поверхностями напластования, имеющее примерно постоянную мощность и занимающее значительную площадь. Ряд слоев или пластов, перекрывающих (налегающих) и подстилающих друг друга и объединяющихся по какому-либо признаку (геологическому возрасту, происхождению, петрографическому признаку и т.д.), называют **с в и т о й**. Слои горных пород можно наблюдать в обнажениях. **О б н а ж е н и е м** слоев (пластов) горных пород называется выход их на поверхность Земли.

Название пласта обычно определяется составом слагающих его пород. Например, пласт известняка, пласт песчаника и т. д. Поверхность, ограничивающая пласт снизу, называется **п о д о ш в о й**, сверху — **к р о в л е й**.



**Рис.105** Слоистое залегание осадочных пород. Крым.

<http://vacation.chat.ru/27.htm>



**Рис.106** Слоистое строение намывных золотоносных терригенных отложений.

[http://www.NATURE.ru/db/msg.html?not\\_mid=1158471&words=%CC%C9%D4%](http://www.NATURE.ru/db/msg.html?not_mid=1158471&words=%CC%C9%D4%)...

В серии или пачке пластов кровля нижележащего пласта является одновременно подошвой покрывающего пласта. Толщина пласта называется его мощностью. Обычно различают истинную, вертикальную и горизонтальную мощность. **И с т и н н а я м о щ н о с т ь** — кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой пласта. **В е р т и к а л ь н а я м о щ н о с т ь** — расстояние по вертикали от любой точки кровли до подошвы пласта. **Г о р и з о н т а л ь н а я м о щ н о с т ь** — расстояние по горизонтали от любой точки кровли до подошвы пласта. Мощность пластов может быть относительно постоянной (выдержанной) и непостоянной (изменчивой). При изменении мощности пласта может происходить как его увеличение, так и сокращение вплоть до полного исчезновения - **в ы к л и н и в а н и е** (рис. 107). Наиболее выдержаны по мощности на больших пространствах пласты осадочных морских пород. Менее выдержанной мощностью пластов отличаются континентальные отложения, для которых характерны также линзовидные и гнездообразные формы залегания.

Первоначальное залегание осадков в большинстве случаев почти горизонтальное. Всякое отклонение пластов от первоначального горизонтального залегания называется **д и с л о к а ц и е й** (нарушением). Дислокации бывают без разрыва сплошности слоев (**п л и к а т и в н ы е дислокации**) и с разрывом (**д и з ь ю н к т и в н ы е дислокации**). Все дислокации являются результатом движений в земной коре.

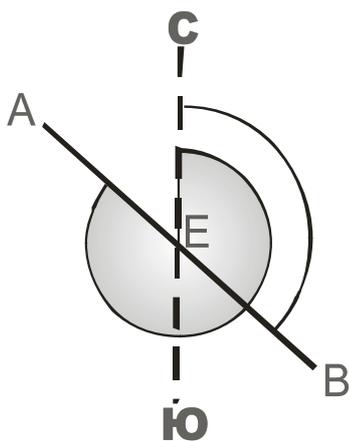
Пространственное положение пласта характеризуется его простиранием и падением.

**П р о с т и р а н и е** — линия пересечения кровли пласта с горизонтальной плоскостью; положение этой линии относительно стран света определяется азимутом простирания. Кровля и подошва слоя, а также любая плоскость внутри слоя, параллельная его кровле

и подошве, имеет простирание. Эти простирания будут параллельными между собой. Простирания кровли, подошвы или другой им параллельной плоскости в пределах слоя условно считаются в то же время простиранием слоя.

Простирания тех или иных плоскостей и в том числе слоев (пластов, горизонтов) отличаются одно от другого своими азимутами.

Допустим АВ — простирание кровли некоторого слоя, т.е. направление линии пересечения кровли его с горизонтальной плоскостью (рис. 107). Плоскость чертежа в данном случае изображает горизонтальную плоскость.



**Рис. 107** Схема отсчета азимутов простирания. (М.М.Чарыгин, 1963)

Предположим, что мы находимся в точке Е. Простиранием кровли слоя в точке С будут линии ЕА и ЕВ. Обе линии имеют свои азимуты, отличающиеся один от другого на  $180^\circ$ .

Пусть линия СЮ — линия меридиана, проходящего через точку Е. В данном случае азимутом линии ЕА будет угол СЕА, отсчитанный по ходу часовой стрелки (закрашен). Этот угол приблизительно равен  $314^\circ$ .

Азимутом линии ЕВ будет угол СЕВ, тоже отсчитанный по ходу часовой стрелки. Он равен порядка

$134^\circ$ .

Итак, азимут простирания кровли интересующего нас слоя равен  $314-134^\circ$ . Иногда, кроме градусов, указывают страны света. В нашем примере азимут простирания слоя равен СЗ  $314^\circ$  и ЮВ  $134^\circ$ . Принято сначала указывать азимутальный угол в северных четвертях (СВ или СЗ) и после него (за тире) азимутальный угол в южных четвертях (ЮЗ или ЮВ).

**П а д е н и е м** называется наклон пласта по отношению к горизонтальной плоскости.

Падение слоя (кровли, подошвы и любой им параллельной плоскости в пределах слоя) характеризуется направлением падения и углом падения.

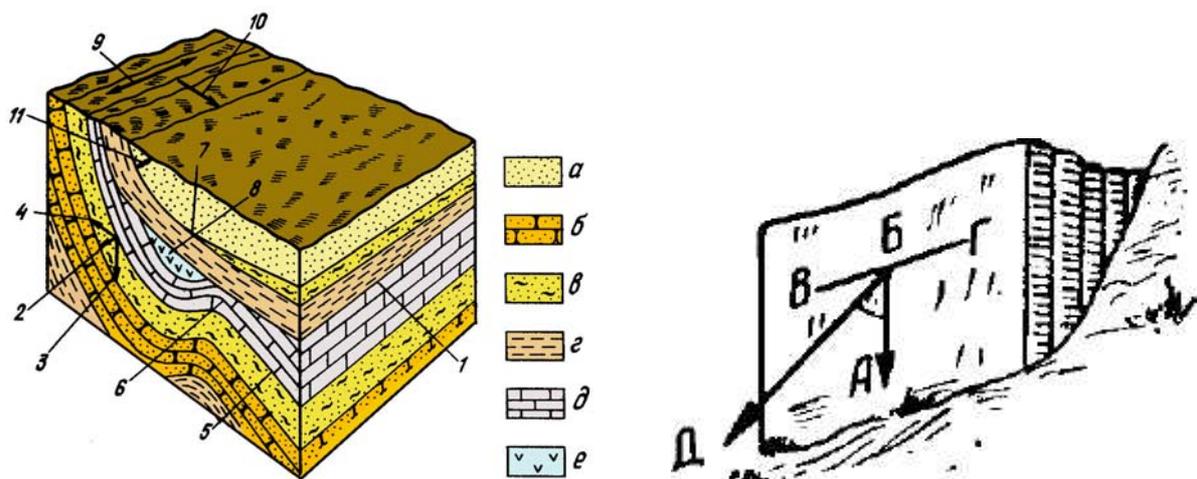
**Н а п р а в л е н и е п а д е н и я** определяется азимутом этого направления. Оно всегда перпендикулярно простиранию слоя. Простирание, как мы видели, имеет два азимута, в то время как азимут падения — один (рис. 108 Б). Он отличается от азимуты простирания на  $90^\circ$ .

Зная азимут падения слоя, можно вычислить оба азимута простирания того же слоя. Но если известен азимут простирания какого-либо слоя, то это не значит еще, что можно вычислить азимут падения. При одном и том же простирании падение может быть в двух направлениях.

Под углом падения слоя (его кровли, подошвы или любой плоскости, параллельной им внутри слоя) понимают телесный угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью слоя. Телесный угол измеряется линейным углом, образованным перпендикулярами, восстановленными к линии простирания слоя, — один перпендикуляр в горизонтальной плоскости, другой в плоскости слоя. В нашем примере это угол ДБА (см. рис. 108 Б).

Азимуты простирания, падения и угол падения называются элементами залегания пласта и определяют его положение в пространстве.

Направление, или азимут падения и угол наклона (падения) из-



А.

(Мильничук, Арабаджи, 1989)

*а* – пески, *б* – песчаники, *в* – алевриты, *г* – глины, *д* – известняки, *е* – гипсы; 1 – подошва глин (кровля известняков), 2 – истинная мощность, 3 – вертикальная мощность, 4 – горизонтальная мощность, 5 – увеличение мощности пласта известняков, 6 – сокращение мощности пласта известняка, 7 – выклинивание пласта алевритита, 8 – линза гипса, 9 – простирание, 10 – направление падения, 11 – угол падения.

Б.

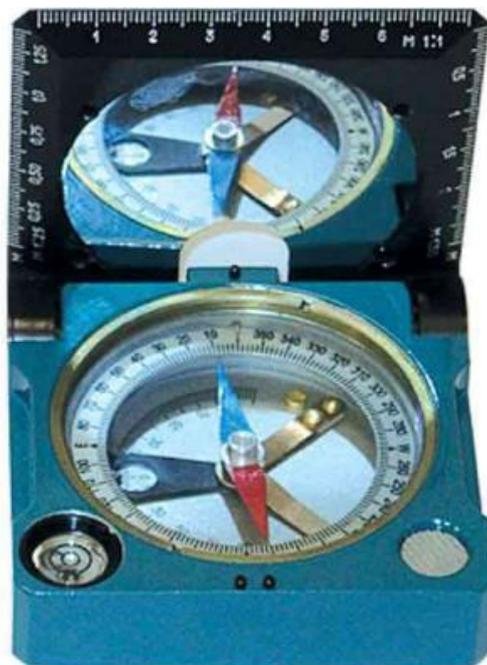
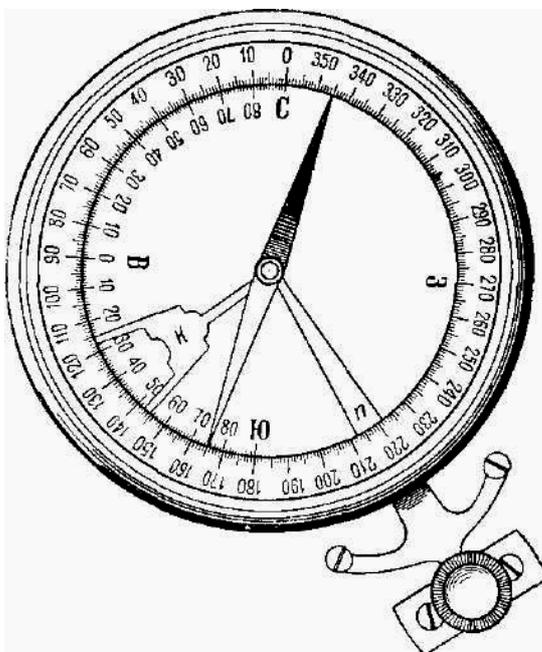
(М.М.Чарыгин, 1963)

*БА* – линия падения,  
*БД* – направление падения,  
*ВГ* – простирание,  
*ДБА* – угол падения пласта

Рис. 108 Элементы залегания слоя.

меряются в градусах и определяются горным компасом (рис. 109). Его обычно монтируют на прямоугольной пластине (латунной или же из пластмассы). На лимбе компаса деления идут от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  в направлении против движения часовой стрелки. У

обозначения  $0^\circ$  стоит буква С (север), у  $90^\circ$  буква В (восток), у  $180^\circ$  буква Ю (юг), у  $270^\circ$  буква З (запад). С (север) и Ю (юг) расположены против коротких сторон компаса, В (восток) и З (запад) — против его длинных сторон. В центре компаса установлена короткая вертикальная ось, вокруг которой в горизонтальной



**Рис. 109** Элементы залегания пластов.

(М.М. Чарыгин, 1963, <http://www.gsi2000.ru/catalog.php?catId=63&id=40>)

плоскости может вращаться магнитная стрелка с черным (синим) северным и светлым (красным) южным концами.

Посредством арретира и магнитная стрелка может быть приподнята кверху, прижата к стеклу компаса и выведена из действия или, наоборот, опущена на острие вертикальной оси и введена в действие.

При помощи магнитной стрелки и лимба определяют азимуты различных направлений вообще, а также азимуты простирания и падения слоев.

Второй частью компаса являются клинометр (отвес К) и полулимб с делениями от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  в обе стороны. Клинометром и делениями на полулимбе определяют углы падения слоев.

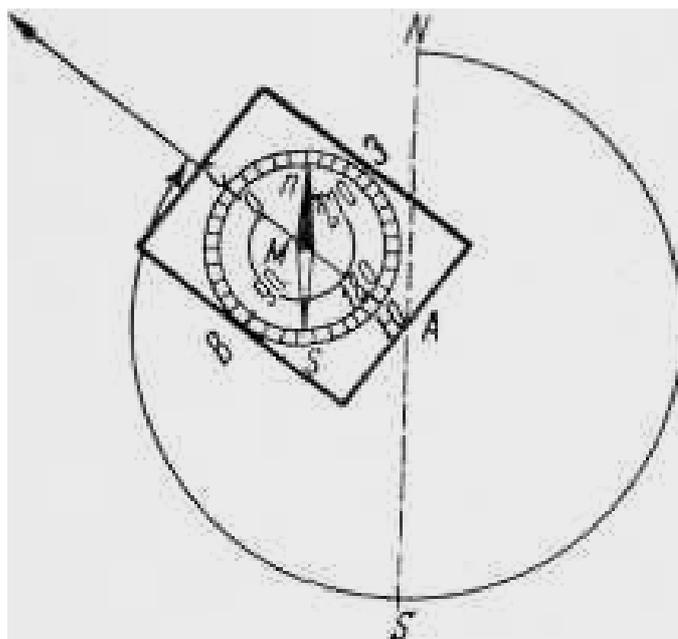
Поясним, почему горный компас, у которого запад и восток переставлены местами, и деления на лимбе расположены против часовой стрелки, все же дает правильное определение азимутальных углов любых направлений.

Допустим, что необходимо определить азимут направления АВ (рис. 110). Пунктирная линия NS — меридиан, проходящий через точку А. Компас устанавливают в точке А так, как указано на

рисунке. Надо определить угол  $NAВ$  (по часовой стрелке). По лимбу компаса отсчитывают угол  $СМп$  против часовой стрелки. Из рисунка видно, что отсчитываемый по компасу угол точно равен искомому азимутальному углу направления  $AB$ .

Если бы азимутальные углы определяли при помощи обычного компаса, результаты замеров пришлось бы пересчитывать.

Процесс замера элементов залегания пласта (азимута и угла падения, азимутов простирания) заключается в следующем.



**Рис. 110**

*Определение азимута направления при помощи горного компаса.*  
(М.М.Чарыгин, 1963)

При помощи геологического молотка очищают на породе площадку, соответствующую естественной слоистости породы. Если хотят вначале определить положение линии простирания пласта (при углах падения  $> 10^\circ$ ), придают пластинке компаса вертикальное положение. Прикладывают длинную сторону компаса к плоскости (естественной площадке) пласта так, чтобы клинометр показывал  $0^\circ$ . Вдоль длинной стороны пластинки компаса прочерчивают линию, кото-

рая указывает направление простирания пласта. Если сначала хотят определить положение линии падения (при малых углах падения пласта), придают пластинке компаса вертикальное положение. Прикладывают длинную сторону компаса к плоскости пласта так, чтобы клинометр показывал максимальный угол. Это и будет угол падения слоя. По длинной стороне пластинки компаса прочерчивают линию, которая указывает направление падения слоя.

Когда на очищенной площадке пласта прочерчены линии простирания и линия падения слоя, определяют азимут его падения. Для этого короткой южной стороной компас прикладывают к линии простирания так, чтобы его северная короткая сторона была обращена в сторону падения слоя. Компасу придают горизонтальное положение. Опускают арретиром магнитную стрелку, дают ей успокоиться и отсчитывают по лимбу азимут падения слоя. Затем

магнитную стрелку арретиром приподнимают и прижимают к стеклу компаса.

Зная азимут падения слоя, вычисляют оба азимута его простирания. Для определения одного из них к азимуту падения прибавляют  $90^\circ$ , а для определения другого из азимута падения вычитают  $90^\circ$ . Если все же хотят при помощи компаса найти азимуты простирания, то придают компасу горизонтальное положение. Длинную сторону его прикладывают к линии простирания и отсчитывают по лимбу азимут простирания слоя. Для получения другого азимута к отсчитанному азимуту прибавляют  $180^\circ$ .

Так как, зная азимуты простирания слоя, нельзя вычислить азимут падения его, то совершенно ясно, что удобнее сначала определить азимут падения.

Угол падения пласта измеряют следующим образом.

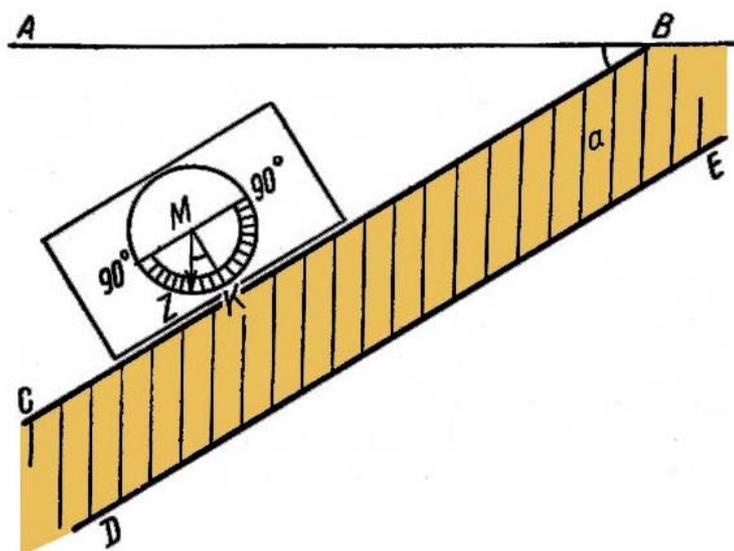


Рис. 111 Определение угла падения.  
(М.М.Чарыгин, 1963)

Допустим, нужно определить угол падения слоя  $a$ , кровля которого  $BC$ , подошва  $DE$  (рис. 111). Для его измерения придают пластинке компаса вертикальное положение. Длинную сторону компаса прикладывают к кровле слоя  $a$ . Клинометр  $MZ$  покажет на полулимбе угол  $KMZ$ , равный искомому

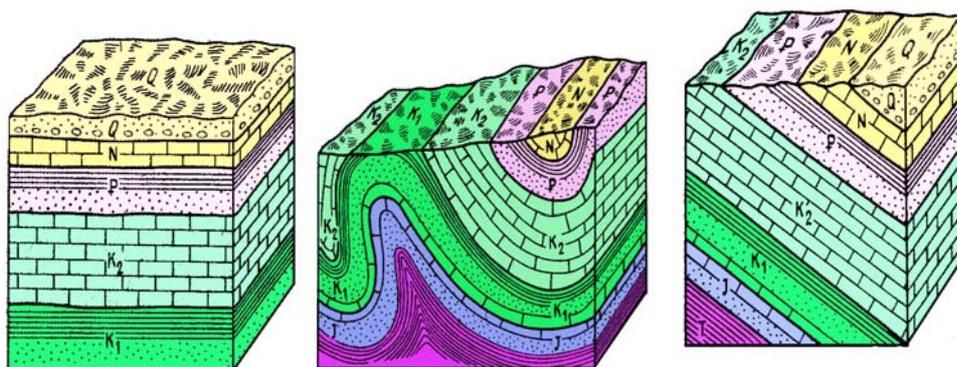
углу падения  $ABC$  (углы с взаимно-перпендикулярными сторонами).

Измерять элементы залегания пород необходимо для изучения геологического строения недр в местах естественных выходов пород на поверхность. Эти выходы, или обнажения пород позволяют установить не только состав пород, но и взаимное расположение и особенности залегания пластов, сложенных ими. Взаимное расположение пластов может быть согласным или несогласным.

При согласном залегании пород (рис. 112) границы пластов практически параллельны. Такое положение границ сохраняется и при наклонном и складчатом залегании пластов. Характерной особенностью согласного залегания, кроме того, является последова-

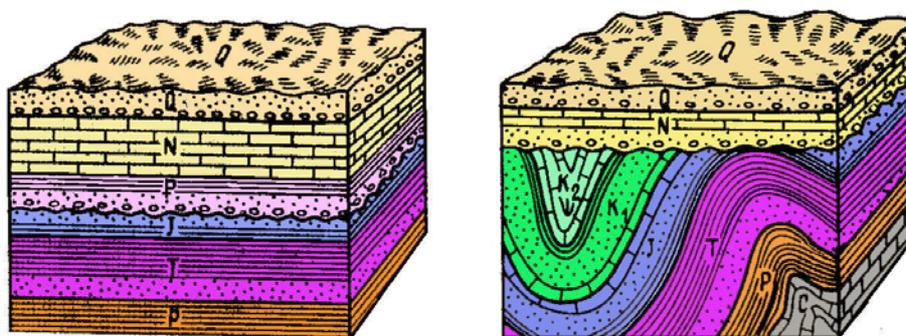
тельное залегание более молодых пластов на более древних. Формирование пород происходило в условиях последовательного погружения и непрерывного накопления осадков.

При более сложном геологическом развитии породы могут оказаться в условиях несогласного залегания (рис. 113). Особенностью этого вида залегания является наличие в разрезе так называемой поверхности размыва (несогласия), свидетельствующей о наличии перерыва в осадконакоплении. По этой поверхности происходит контакт пород со значительной разницей в возрасте.



**Рис. 112**

*Согласное залегание пластов горных пород.*  
(Мильничук, Арабаджи, 1989)



**Рис. 113**

*Несогласное залегание пластов горных пород.*  
(Мильничук, Арабаджи, 1989)  
Поверхность размыва показана волнистой линией.

## ***Цвет осадочных пород.***

Осадочные породы имеют самые разнообразные окраски и оттенки, от снежно-белой до черной. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород. Окраска дает иногда важные указания на условия образования породы,

так как во многих случаях цвет зависит от присутствия определенного минерала, наличие которого, в свою очередь, определяется характером среды отложений (наличие обильного органического вещества и пирита указывает на восстановительную среду, красных и желтых гидроокисей железа — на окислительную и т. д.). Однако нельзя забывать, что это не более, как указания. Одна и та же среда — например, окислительная — может наблюдаться в самых различных областях осадкообразования на суше и в море. Кроме того, одна и та же порода в процессе своего образования проходит несколько стадий (разрушение, перенос, отложение, диагенез и т. д.), которые все могли вставить свой отпечаток на окраске. Так или иначе, отражая состав и генезис породы, ее окраска во многих случаях оказывает существенную помощь и при стратиграфических сопоставлениях.

Окраска осадочных горных пород зависит главным образом от цвета минералов, слагающих породу, а также от примесей минерального вещества, рассеянного в породе, и обволакивающего зерна составляющих породу минералов тончайшими корочками.

**Б е л ы й** (светло серый) цвет является естественной окраской большинства минералов, слагающих осадочные горные породы. Все эти минералы (кальцит, арагонит, доломит, фосфаты, каолинит, большая часть других глинистых минералов, соли и др.) - бесцветны или почти не окрашены.

**Ч ё р н ы й** (темно серый) цвет в редких случаях бывает обусловлен окраской зерен или главной составной частью породы (магнетитовые пески, песчинки темных пород, уголь). Обычно черная окраска зависит от мелкорассеянной примеси черного красящего вещества, чаще всего органических соединений. Реже черная окраска зависит от примеси солей марганца, которые могут образовывать оболочки вокруг зерен. Серый цвет породы говорит о содержании в ней примеси сернистых соединений железа, однако в породах эти соединения обычно не сохраняются. Синеvато-серый или синеvато-черный оттенок придает породе мелкорассеянный  $FeS_2$ . При выветривании такие породы светлеют и приобретают буровато-желтую окраску.

**Ф и о л е т о в ы е** цвета или оттенки исключительно редки. Они могут зависеть от примеси марганцевых и фтористых соединений, от смешения примесей красного и синеvатого цвета.

**Ж е л т ы й** и **б у р ы й** цвета в большинстве случаев обусловлены присутствием в породе лимонита.

**К р а с н ы й** и **р о з о в ы й** цвет лишь в редких случаях обусловлен цветом минеральных зерен (ортоклаз в аркозах) или обломков красных пород (лавы, обломки яшм и т. д.). Обычно он зави-

сит от окружающих зерна оболочек красного окисного железа, и рассеянных в породе мельчайших его кристалликов.

**Зелёный** цвет в ряде случаев может зависеть от присутствующих в породе зеленых минералов. Наиболее обычным из них является глауконит, реже — похожие на него минералы группы шамозита, хлорит и железисто-магнезиальные глинистые минералы. В породах складчатых областей (полимиктовые песчаники) сравнительно часто зеленые оттенки обусловлены примесью хлоритов, серпентина, эпидота, обломков зеленоватых пород и крайне редко — оливина, малахита и других соединений меди и хрома.

**Синий** цвет пород в природе встречается крайне редко. Единственный синий осадочный минерал — вивианит — встречается лишь в ничтожных количествах и пород не окрашивает. Синеватый или, скорее, слабо голубоватый оттенок, наблюдаемый в некоторых породах, может зависеть от присутствия воды в порах и, может быть, от водных силикатов железа, мелкорассеянного сернистого железа, сидерита и некоторых глинистых минералов.

Определять цвет породы нужно при дневном свете, так как искусственный свет и влажность изменяют оттенки. Часто порода, в сухом виде обладающая пепельно-розовым цветом, во влажном состоянии неожиданно оказывается ярко красной, зеленовато-серый цвет превращается в этих условиях в яркий изумрудно-зеленый. Поэтому следует всегда точно указывать состояние влажности описываемой породы или описывать цвет породы, как во влажном, так и в сухом состоянии.

Нередко для уточнения окраски породы приходится прибегать к добавочным обозначениям: зеленовато-серый, лимонно-желтый, коричневатобурый, кирпично-красный и т. д. При этом основной цвет надо ставить на второе место. Например, «зеленовато-серая глина» значит: глина серого цвета с зеленоватым оттенком. При описании породы следует избегать тройных обозначений (например, синевато-зеленовато-серый), поскольку они не дают ясного представления, так как восприятие таких сложных оттенков чрезвычайно субъективно.

При описании породы приходится встречаться не только со сложными оттенками, но и с прихотливым распределением окраски в породе: на фоне основного цвета выступают тонкие прослой или пятна иного цвета или оттенка (более темного или более светлого), иногда же появляются разводы, подчас сложного рисунка. Лучше всего это удастся подметить во влажной породе.

## ***У д е л ь н ы й   в е с .***

Большое значение имеет установление удельного веса осадочных пород, которое возможно в лабораторной обстановке, но в некоторых случаях может быть сделано и примерно. Например, часто бывает трудно отличить гипс от ангидрита по внешнему виду, а между тем разницу между ними в удельном весе (соответственно 2,4 и 2,9) легко обнаружить сравнительным взвешиванием на руке обломков одинакового размера.

## ***К л а с с и ф и к а ц и я   о с а д о ч н ы х г о р н ы х   п о р о д .***

В формировании осадочных горных пород участвуют различные геологические факторы: разрушение и переотложение продуктов разрушения ранее существовавших пород, механическое и химическое выпадение осадка из воды, жизнедеятельность организмов. Случается, что в образовании той или иной породы принимает участие сразу несколько факторов. При этом некоторые породы могут формироваться различным путем. Так, известняки, могут быть химического, биогенного или обломочного происхождения. Это обстоятельство вызывает существенные трудности при систематизации осадочных пород. Единой схемы их классификации пока не существует.

Различные классификации осадочных пород были предложены Ж.Лаппараном (1923 г.), В.П.Батуриным (1932 г.), М.С.Швецовым (1934 г.) Л.В.Пустоваловым (1940 г.), В.И.Лучицким (1948 г.), Г.И.Теодоровичем (1948 г.), В.М.Страховым (1960 г.), и другими исследователями.

Однако для простоты изучения применяется сравнительно простая классификация, в основе которой лежит генезис (условия образования) осадочных пород. Согласно ей породы этого класса подразделяются на обломочные, хемогенные, органогенные и смешанные.

## ***С т р у к т у р а   о с а д о ч н ы х   г о р - н ы х   п о р о д .***

При изучении осадочных пород также различают структуру, понимают особенности ее строения, определяемые размерами, формой, степенью однородности обломочных и хемогенных

компонентов, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков.

Элементы структуры пород формируются на протяжении всех этапов, начиная со стадии образования осадочного материала и кончая теми изменениями, которые связаны с процессами метазенеза. От структуры зависят многие физические свойства осадочных пород. В частности, она в значительной степени определяет сопротивляемость породы воздействию бурового инструмента, устойчивость ствола скважины в процессе бурения, способность породы аккумулировать нефть и газ, отдавать их в процессе разработки месторождений и т. д.

Для пород **обломочного** происхождения выделяют структуры (табл.5):

- п с е ф и т о в у ю (грубообломочную) с частицами размером более 2 мм в диаметре,
- п с а м м и т о в у ю (песчаную) с размерами частиц от 2 до 0,1 мм,
- а л е в р и т о в у ю (пылеватую) с частицами размером от 0,1 до 0,01 мм
- п е л и т о в у ю . с размерами частиц менее 0,01 мм.

Для осадочных пород **химического** происхождения структуры различают по тем же признакам. В этих породах, возникших путем выпадения из растворов, кристаллизации и перекристаллизации, величина зерен сравнительно легко меняется. Напротив, форма зерен обусловлена здесь свойствами самого минерала, условиями его возникновения и роста и потому является особенно важной.

По величине зерен здесь можно выделить те же структуры, как и в обломочных породах, но для обозначения их не употребляют терминов, принятых в первой группе пород, а ограничиваются примерным определением величины зерна (крупнозернистый, мелкозернистый и т. д.). Определения эти делаются субъективно, обычно не основываются на точных измерениях и не регулируются общепринятыми правилами (табл. 6).

Кроме того, выделяют структуры:

- р а в н о м е р н о - и н е р а в н о м е р н о з е р н и - с т у ю , в зависимости от соотношения зерен по размеру;
- о о л и т о в у ю , в которой зерна имеют форму мелких шаровых стяжений различного размера;
- л и с т о в а т у ю , при которой породы имеют листоватослоистое сложение;

– игольчатую или волокнистую, зависящую от формы и величины слагающих их минералов;

– брекчиевидную, при которой порода состоит из крепко спаянных между собой остроугольных обломков.

Осадочные горные породы *органогенного* генезиса имеют *органогенную* структуру.

В этих породах, как и в породах предыдущей группы, большое значение имеет форма составных частей, которая обуславливается характером организмов. Среди пород этой группы различают

Таблица 5

**Структура обломочных пород.**

Структура	Величина обломков, мм		Название породы			
			Рыхлые		Сцементированные	
			угловатые	окатанные	угловатые	окатанные
Псефитовая (грубообломочная)	>2	>100	Глыба	Валун	Глыбовая брекчия	Валунный конгломерат
		100-10	Щебень	Галька, галечник	Брекчия	Галечный конгломерат
		10-2	Дресва	Гравий		Гравийный конгломерат
Псаммитовая (песчаная)	0,1-2	2-0,5	Крупнозернистый песок		Крупнозернистый песчаник	
		0,5-0,25	Среднезернистый песок		Среднезернистый песчаник	
		0,25-0,1	Мелкозернистый песок		Мелкозернистый песчаник	
Алевритовая (пылеватая)	0,01-0,1	0,1-0,05	Крупнозернистый алеврит		Крупнозернистый алевролит	
		0,05-0,025	Среднезернистый алеврит		Среднезернистый алевролит	
		0,025-0,01	Мелкозернистый алеврит		Мелкозернистый алевролит	
Пелитовая	<0,01			Глина		Аргиллит

структуры: криноидные, коралловые, пелециподовые, мшанковые, фораминиферовые, водорослевые, смешанные и т. д.

В зависимости от сохранности обломков в породе выделяют структуры:

– *биоморфная* - хорошая сохранность органических остатков. По размеру компонентов они могут быть очень различными в зависимости от организмов — от очень крупных (например кораллы) до мельчайших (например диатомеи);

– *детритусовая* (*детритовая*) - порода сложена обломками скелетов организмов.

**Структура хемогенных пород.**  
(по М.С.Швецову, 1948 г.)

Структура	Размер зерен, мм	Морфологические особенности
грубозернистая	более 1,0	Зерна представляют собой выделяющиеся макроскопически кристаллы
крупнозернистые	1,0 - 0,5	Зерна хорошо видны макроскопически
среднезернистые	0,5 - 0,1	Зерна плохо видны макроскопически, но в шлифе имеют вид заметных кристаллов
мелкозернистые	0,1 - 0,05	Макроскопически зерна не видны, в шлифе различимы, порода однородна
тонкозернистая	0,05 – 0,01	Макроскопически порода однородна, с землистым или раковистым изломом. В шлифе отдельные зерна частью не различимы, даже при сильных увеличениях, так как, перекрываясь, сливаются друг с другом.
пелитоморфная	менее 0,01	Микроскопически и макроскопически порода совершенно однородна

В свою очередь среди пород с детритусовой структурой различают:

– **к р у п н о д е т р и т у с о в ы е** породы слагаются не окатанными обломками, часто хорошо заметными простым глазом и легко определяемыми под микроскопом. Размеры обломков чаще всего от нескольких миллиметров примерно до 0,05 мм.

– **м е л к о д е т р и т у с о в ы е** слагаются мельчайшими обломками организмов (обычно от 0,05 мм и мельче), неразличимыми простым глазом и в большей части не определяемыми под микроскопом в шлифе.

– **о р г а н о г е н н о - о б л о м о ч н а я** структура отличается тем, что обломки раковин большей частью хорошо окатаны и почти одинаковой величины (0,5 — 0,1 мм).

Для осадочных пород **смешанного** генезиса характерна пелитоморфная структура.

### **Т е к с т у р а о с а д о ч н ы х г о р н ы х п о р о д .**

Под текстурой осадочной горной породы понимают черты строения, определяемые способом выполнения пространства, распо-

ложением составных частей и ориентировкой их относительно друг друга.

Текстура породы формируется, начиная со стадии накопления осадка. В дальнейшем она может изменяться в зависимости от особенностей диагенеза и катагенеза. Первичные текстуры (возникшие в процессе осадконакопления) отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты ее взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры образуются в уже сформировавшейся породе, в процессе катагенеза и метагенеза.

Текстуры в значительной степени определяют многие свойства осадочных пород, в том числе их анизотропность — неодинаковые в разных направлениях прочность, фильтрационные свойства и др. Изучают их преимущественно в обнажениях и образцах, но иногда и в шлифах под микроскопом. Различают текстуры поверхности слоя и внутрислоевые.

### *Текстура поверхности слоя.*

**Знаки ряби** (*ripple marks* - англ.) это формы микро-рельефа, образующиеся в результате деятельности геологических факторов (ветер, вода) (рис. 114). Они могут дать информацию об условиях образования осадка. Знаки ряби образуются на поверхно-



**Рис.114** Песчаная рябь на поверхности современной речной отмели.  
<http://www.slb.com/seed/ru/watch/cybergeology/study.htm>

сти песчаных, алевритовых, глинисто-известковых и доломитовых осадков. Выделяют следующие типы ряби: эоловая рябь, рябь волнений, рябь течений (рис. 115).

**Эоловая рябь** несимметрична. Она отличается небольшой амплитудой колебания; отношение высоты к длине волны от 1:20 до 1:50. Длина обычно не больше нескольких сантиметров и лишь в грубых песках может достигать 25 см, а иногда превышает 100 см. Расположение волн близко к параллельному. На гребнях песчинки часто грубее, чем в желобках.

Рябь волнений. Как правило, знаки ряби параллельны друг другу и образуются в результате воздействия волновых колебаний или течений на поверхность дна, сложенного песком (рис.

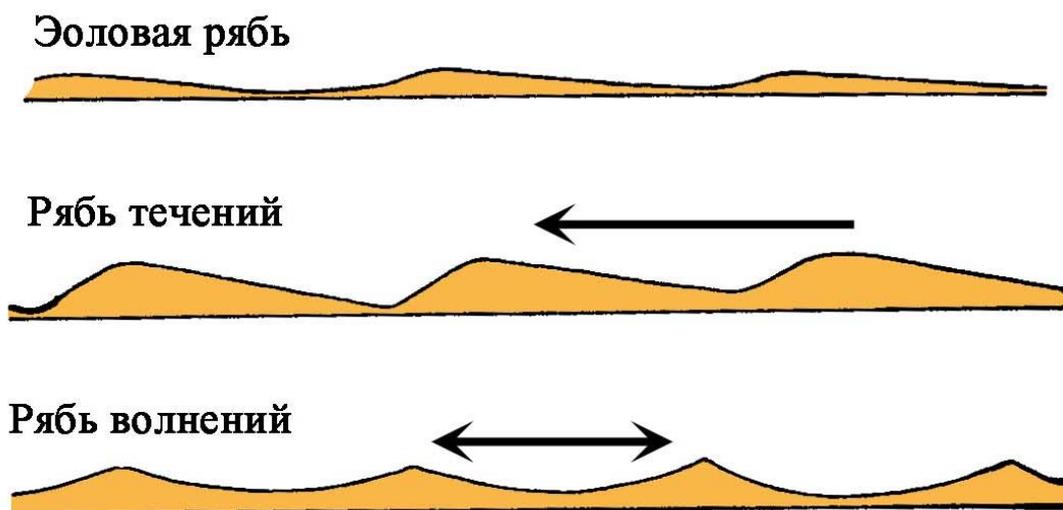


Рис. 115 Схематичное изображение ряби.

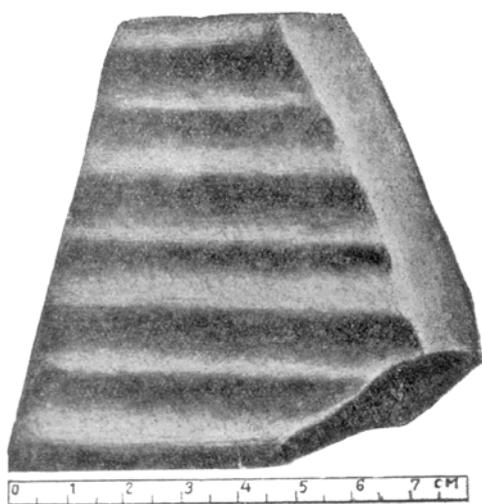


Рис.116 Рябь волнений.  
М.С.Швецов, 1958

116). Глубины, на которых может встречаться волновая рябь, значительно меньше глубин, на которых еще образуется рябь течений (до 150-200 м). Волновые знаки ряби имеют симметричный профиль. По ним можно судить о направлении перемещения песчаных наносов.

Расстояние между гребнями ряби волнений колеблется от единиц до десятков сантиметров, возрастая с увеличением глубины.

Рябь волнений образуется лишь под действием волнения. Передаваясь на глубину, круговое

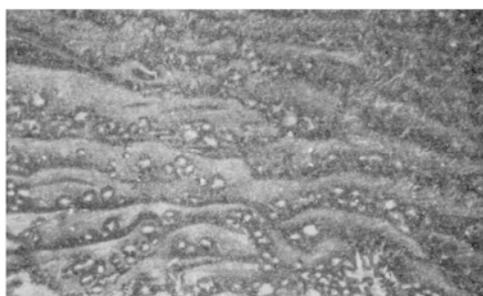
движение волн переходит в движение по эллипсу, а затем, почти по горизонтальной линии, в результате чего возникают симметричные гряды ряби. Длина волн колеблется в зависимости от глубины и силы волнения. Короткие волны образуются как в мелкой, так и в глубокой воде, длинные могут образовываться лишь в более глубоких водах.

Наиболее часто встречается рябь волнений в мелких озерах, где может покрывать огромные площади.

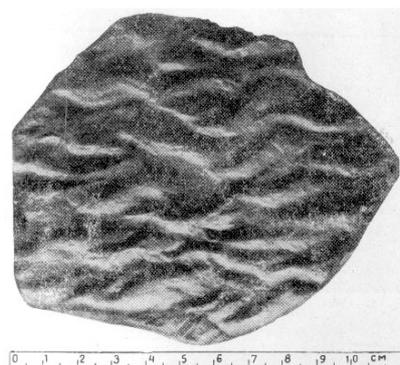
У полуострова Кара-Булун (Киргизия) на глубинах 10-12 м можно наблюдать очень рельефные знаки ряби с высотой волны около 10 и шириной 25 см. Так как на малых глубинах воздействие волн на дно происходит при малой величине волнения, при продвижении к берегу параметры песчаных знаков ряби уменьшаются. Но не всегда знаки ряби на дне больших глубин образованы волнами или течениями.

При исследованиях с помощью глубоководных аппаратов в Байкале на глубине 1410 м обнаружены знаки ряби биогенного происхождения.

**Рябь течений** - речных и морских — обычно приближается по облику к эоловой ряби, но отличается большей амплитудой (1:4 до 1:10), т. е. большой крутизной. Длина волны обычно несколько сантиметров, иногда не больше 1 мм, а в отдельных случаях достигает многих метров. Пологий склон падает против течения. В отличие от эоловой ряби, более грубые зернышки собираются в желобах. Может образовываться на различных глубинах вплоть до очень значительных (800 м) и, вероятно, глубже, если там имеются течения. Крупная рябь течений встречается крайне редко. Форма ее обычно такая же, как и мелкой ряби, иногда частью симметричная. Образуется в условиях очень сильного течения (*рис. 117*).



**Рис.117** *Рябь течений.*  
М.С.Швецов, 1958



**Рис.118** «*Рябь язычками*».  
М.С.Швецов, 1958

Разновидностью ряби течения является «рябь язычками» с как бы раздавленными гребнями. Она образуется лишь в мелкой воде на поймах, в приливной полосе, в заливах (*рис. 118*).

**Знаки струй** - извилистые древовидно-разветвляющиеся желобки, напоминающие ветки растений, образующиеся на пологих побережьях в результате медленного стекания приливной воды струйками стекающей воды. Их разветвленный конец может быть направлен в сторону материка, и тогда они представляют миниатюрную модель речной сети, и в сторону моря. В

этом случае они являются моделью дельты с ее расходящимися руслами. Еще чаще разветвление струй на рукава возникает, когда они встречают препятствие, которое разбивает струю. Знаки струй — характерное образование побережья, встречается в ископаемом виде не часто, но дает ценные сведения об условиях образования породы.

Термин "следы струек" применим к следующим типам текстуры (Фредерик Х. ЛАХИ, 1966):

Вода, накатывающаяся с волной на пляж и стекающая обратно, прорывает в песке желобки, соединяющиеся в миниатюрные речные системы, причем каждая серия желобков разветвляется вверх по склону.



Система пересекающихся желобков иногда создает на песке своеобразную сетку.



Мелкие водотоки, выходящие на плоскую песчаную или глинистую поверхность, иногда распадаются на отдельные русла, прослеживающиеся вниз по склону, пока вода не просочится в песок или не стечет. Рисунок такой сети напоминает крупные протоки, образующиеся в дельтах рек.



Вода, стекающая по песчаному пляжу, прорезает с обеих сторон встретившегося препятствия, например полузасыпанной песком гальки или раковины, узкие желобки.



У нижней кромки пляжа и на мелководье волны или приливные течения настолько сильно размывают песок, что он покрывается асимметричными вытянутыми желобками, в основном параллельными один другому. Желобки имеют изогнутую форму, причем более глу-



*Стрелкой указано направление течения.*

бокие их части располагаются у вершин излучин. Вероятно, течение в таких случаях было направлено в сторону более длинного сегмента излучины.

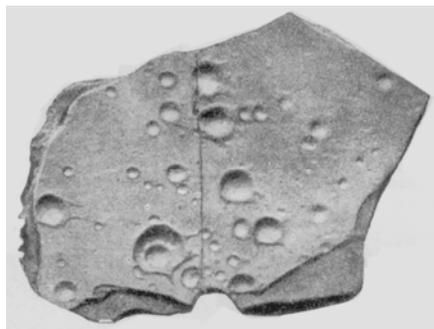
**Знаки прибоя** - причудливо изгибающиеся и разветвляющиеся маленькие хребты песчаного или другого наносного материала. В ископаемом виде знаки прибоя встречаются крайне редко.

**Отпечатки кристаллов** - полости и пустоты от растворившихся кристаллов солей, выделившихся при высыхании воды в осадках и особенно на берегах соленых озер (*рис. 119*). Они представляют существенный интерес, так как дают указания на условия образования содержащего их осадка и ориентировку слоя.

Реже встречаются радиально или неправильно располагающиеся



**Рис.119** Отпечатки кристаллов соли.  
М.С.Швецов, 1958



**Рис. 120** Отпечатки капель дождя.  
К.Андрэ, 1921

ся тонкие палочкообразные отпечатки длиной до 2,5 см и более, представляющие собой следы кристалликов льда. Их также можно наблюдать весной или осенью в результате промерзания луж и влажной земли и кристаллизации в них.

**Отпечатки капель дождя и следы выходов газа.** На поверхности глинистых и иловатых пластов иногда наблюдаются небольшие округлые углубления, часто с приподнятым крутым краем. Наблюдения на современных иловатых поймах, побережьях, лужах показывают, что такие же отпечатки оставляют на влажной илистой поверхности капли дождя (*рис. 120*) и градины. После высыхания глины, отпечатки, засыпанные новым осадком, сохраняются в виде ямок на поверхности слоя, или в виде выпуклых их отпечатков. Наиболее хорошо они сохраняются в

условиях жаркого сухого климата. Такие же ямки, лишь более крупные и глубокие, оставляет град.

Похожие образования получаются в результате поднятия из рыхлого осадка пузырьков газов, возникающих при идущих в осадке химических процессах. Для них характерна гладкая поверхность и отсутствие приподнятого края. При энергичном выделении газов вокруг места выхода образуется приподнятый валик. Может сохраниться и сам путь поднятия пузырька — узкий канал, вертикально пронизывающего породу, поскольку вновь образующиеся пузырьки следуют по проложенному пути, закрепляя и расширяя его.

**Трещины высыхания** представляют собой узкие желобки, разделяющие породу на полигональные участки, возникающие на поверхности глинистых, иловатых, реже известковистых пластов (рис. 121). Эти желобки выполнены либо тем же, либо каким-либо иным материалом — песком, гипсом и т.д.



**Рис.121** Трещины высыхания и отпечатки капель дождя. (штат Юта, США)  
<http://www.geosci.unc.edu/faculty/glazner/Images/SedRocks/SedStructures.html>

Подобная картина наблюдается на современных поймах, илистых берегах и в области такыров<sup>31</sup>. Отложенный здесь тонкослоистый илистый материал при высыхании растрескивается и даёт тот же характерный полигональный узор. Глубина трещин обычно незначительная, но при длительном высыхании может достигнуть 1 м. Размеры полигонов зависят от скорости высыхания, толщины трескающегося слоя, его материала и т. д. При быстром высыхании, большой толщине, отсутствии песка и CaCO<sub>3</sub> образуются большие участки, ограниченные трещинами. В большинстве случаев полигоны не остаются плоскими, но коробятся, причем их края закручиваются либо кверху, либо книзу.

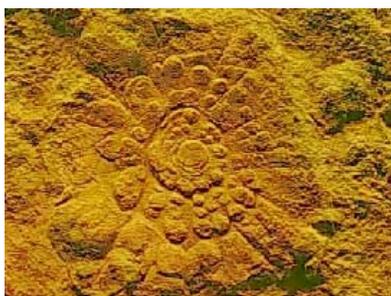
**Отпечатки, оставленные животными.** На поверхности слоев сохраняются отпечатки передвигавшихся по ним организмов. Следы позвоночных сохраняются в континентальных, чаще всего в пустынных отложениях. Следы движения низших животных — пеллеципод, гастропод и особенно червей

<sup>31</sup> *Такыр* - форма рельефа в песчаных, глинистых и каменистых пустынях; плоские глинисто-солонцовые растресканные на многоугольники понижения, почти лишенные растительности. Весной такыры обычно заливаются водой, превращаясь во временные озера. Такыры распространены в Средней Азии, Казахстане.

— чаще всего наблюдаются в некоторых морских или береговых отложениях. Они могут иметь форму вертикально или косо пронизывающих осадок трубчатых ходов («колодезные структуры»), звездообразных или ветвистых желобков на поверхности слоя, которые принимают иногда за отпечатки водорослей или тел животных и др. Помимо перечисленных, известно много других знаков, оставляемых на поверхности слоев животными и растениями, а также знаков, происхождение которых не разгадано.

Организмы, оставляющие следы, могут жить на различных глубинах. По наблюдениям ученых, следы с резко выраженными краями могут сохраняться лишь в приливной полосе, где они до наступления нового прилива затвердевают или перекрываются тонким предохраняющим слоем эолового материала. Под водой резкие контуры сохраняться не могут. Исключение составляют лишь туннелеобразные ходы червей, где обрушивание кровли также может давать резкие контуры.

Помимо следов передвижения животных, в горных породах достаточно часто встречаются окаменелые остатки организмов (рис. 122, 123).



**Рис. 122** Отпечаток морской лилии.  
<http://creation.webzone.ru/Debate/Kiev8/kiev8.htm>



**Рис. 123** Отпечаток древней рыбы.  
<http://creation.webzone.ru/Debate/Kiev8/kiev8.htm>

**К о н к р е ц и и и о о л и т ы .** Под конкрецией понимаются различной формы, строения и величины (от долей миллиметра до нескольких метров в диаметре) неорганические включения в осадочных слоях, обычно отличающиеся от окружающей породы своим составом (рис. 124, 125).

Примером очень маленьких конкреций являются о о л и т ы <sup>32</sup> (рис. 126-128).

<sup>32</sup> **Оолиты** (греч. ооn — яйцо), минеральные образования в виде мелких округлых зерен концентрически — скорлуповатого, иногда радиально — лучистого строения; состоят из карбона-



**Рис. 124 Кремневая конкреция.**  
<http://eco-mnepu.narod.ru/fmuz3.htm>



**Рис. 125 Сидеритовая конкреция.**  
<http://mineral.narod.ru/septa.html>



**Рис. 126 Оолитовый известняк.**  
<http://www.giscenter.ru/iso/sys/shira/sediment/limestoun2.htm>



**Рис. 127 Известковый оолит с внутренним ядром под микроскопом.**  
 (Л.Кайэ, 1935)



**Рис. 128 Известковый пизолит без ядра, из накипи под микроскопом.**  
 (Л.Кайэ, 1935)

**Стилолиты (стилолитовые швы)** - сильно извилистые, часто зазубренные зоны растворения в карбонатных породах, выполненные глинисто-углистым, реже рудным, веществом (рис. 129). Они часто формируются параллельно слоистости при постдиагенетическом уплотнении карбонатных пород. Стилолиты обычно наблюдаются в тонкокристаллических карбонатных породах и имеют мощность десятые доли миллиметра (иногда больше).

Общая "пилообразная" форма стиололитовых швов растворения, вероятно, образуется за счет резко неоднородного распределения напряжений в породах с плотной кристаллической структурой на границах зерен.

В микроскопическом масштабе стиололиты редко образуют проникающую плоскостную текстуру. Важное значение стиололитов

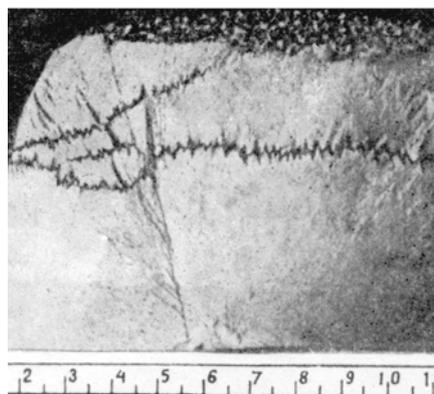
---

тов (кальцита, доломита и др.), оксидов железа, марганца и др. Ядром могут быть различные обломки раковин, песчинки и прочее. Оолиты образуются в процессе осадконакопления (во взвешенном состоянии, в воде), при диагенезе и в другие стадии преобразования осадков при циркуляции растворов в пустотах. Размеры оолитов — от долей мм до 25 мм.

состоит в том, что они являются динамическими индикаторами (образуются нормально к оси сжатия), а также указывают на состав и температуру породного флюида, активно растворяющего карбонатное



**Рис. 129** *Стилолитовые швы в известняке.*  
<http://images.google.com>



**Рис. 130** *Сутурные швы в известняке.*  
Швецов М.С., 1948

вещество. Растворение имеет рассеянный характер только на начальных стадиях, быстро переходя к концентрации в отдельных достаточно немногочисленных зонах. Стилолиты встречаются почти исключительно в известняках, но имеются редкие сведения о нахождении их в кварцитах и аргиллитах.

Мелкой разновидностью стиололитов являются *сутуры*. Сутурами называют неправильно мелкозубчатые линии, наблюдаемые в разрезах известняковых слоев. Своё название они получили от швов («сутур»), соединяющих черепные кости позвоночных, на которые они очень похожи в разрезе.

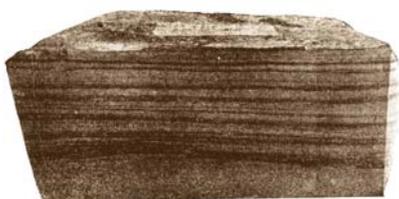
При раскалывании порода нередко распадается по плоскостям сутур, имеющим неровные шероховатые поверхности, покрытые обычно тонким налетом глинистого вещества (*рис. 130*). Сутурные плоскости могут располагаться несколькими выклинивающимися этажами в пределах одного слоя.

Встречаются свиты, исключительно богатые сутурами, при полном их отсутствии в соседних толщах. Это делает их, как и стиололиты, ценным стратиграфическим признаком и указывает на тесную связь их со строением или составом породы. Неправильная мелкозубчатые поверхности сутурных плоскостей и покрывающие их глинистые плёночки дают ясные указания на то, что они образовались в результате сдавливания и сопутствовавшего ему растворения породы по менее устойчивым плоскостям. Глинистая пленочка представляет собой нерастворимый остаток породы.

## *Внутрислоевые текстуры .*

Внутрислоевые текстуры весьма многообразны. Наиболее распространены среди них слоистые и массивные, реже встречаются текстуры, связанные с жизнедеятельностью организмов, с оползновыми и другими явлениями.

**М а с с и в н а я** (беспорядочная или неслоистая) текстура характеризуется беспорядочным расположением в породе ее составных частей. Благодаря этому порода имеет одинаковые физические свойства в различных направлениях. При расколе образуются об-



**Рис. 131** Тонкослоистый артинский фосфоролит. Приуралье.  
А.В.Пустовалов, 1940



**Рис. 132** Косая слоистость в баровых отложениях.  
<http://ggd.nsu.ru/iso/Shiraiso/sediment/bar1.htm>



**Рис. 133** Флюидальная текстура в современных осадках, смятых подводным оползнем.  
По А.Д.Архангельскому и Н.М.Страхову, 1930

ломки неправильной формы (пески, псефиты и др.).

**С л о и с т а я** текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разновидностей осадочных пород. Слоистость может быть вызвана различными причинами: резким изменением размера обломочных частиц или вещественного состава пород, одинаковой ориентировкой осадочного материала, наличием в неслоистой толще на одном стратиграфическом уровне осадочных образований, отличающихся от вмещающих пород (конкреций, скоплений органического вещества, раковин и т. п.) и др. В зависимости от расположе-

ния осадочного материала в породах выделяется горизонтальная и косая слоистость.

**Г о р и з о н т а л ь н а я с л о и с т о с т ь** — плоскости напластования и элементарные слои ориентированы параллельно друг другу (*рис. 131*). Такой тип слоистости образуется при накоплении осадка в обстановке медленного равномерного движения водной среды или в состоянии ее покоя. В зависимости от мощности чередующихся слоев выделяют текстуры: массивнослоистые (мощность каждого слоя более 50 см), толстослоистые (более 5 см), средне-слоистые (2—5 см), тонкослоистые (0,1—2 см) и микрослоистые (менее 0,1 см).

**К о с а я с л о и с т о с т ь** — относится к числу широко распространенных текстур обломочных пород (*рис. 132*). Она имеет большое значение для выяснения их генезиса, поскольку в расположении отдельных слоев запечатлевается состояние среды осадкообразования. Косая слоистость возникает в водной и воздушной средах, ее формы весьма многообразны.

**Ф л ю и д а л ь н а я** текстура образуется, там, где уже «слежавшийся» полувязкий осадок, обычно со следами микрослоистости, подвергается механическому воздействию подводных (и наземных) оползней, сотрясений, сильного движения воды, смятию роющими животными или процессами замещения (*рис. 133*).

Текстура з а м е щ е н и я наблюдается при замещении одно-



**Рис. 134** Замещение ангидрита гипсом.  
М.С.Швецов, 1958



**Рис. 135** Игольчатая текстура (гипс-селенит).

<http://www.franko.lviv.ua/faculty/geology/mineralogy/MUZEUM/FOTOGALLERY/Vitryny/GIPS42/selenite13908.htm>

го минерала другим. Например, при замещении ангидрита гипсом (*рис. 134*) или халцедоном и др.

Выделяются также текстура п е р е к р и с т а л л и з а ц и и и г р а н у л я ц и и с разновидностями у з о р ч а т о й , б р е к ч и е в и д н о й , о б л о м о ч н о й и к о м к о в а - т о й ; волокнистая и игольчатая (рис. 135), концентрическая и радиальная, характерная для гипса, сидерита, кальцита и других породах (М.С.Швецов, 1958).

## **О т д е л ь н о с т ь .**

Образование отдельностей<sup>33</sup> в осадочных породах связано главным образом с трещинами, возникающими в процессе литогенеза, а также при деформациях горных пород и их выветривании.

Для пород этого класса присущи следующие виды отдельности:

- кубическая (синоним: кубовая, прямоугольная) - обломки, близкие к кубу;
- параллелепипедальная - обломки, близкие к параллелепипеду;
- плитчатая - отдельные тонкие плитки у тонкослоистых пород;
- подушечная - части пластов и обломки имеют неправильно-сфероидальную, иногда искривленную сфероидальную форму;
- призматическая (синоним: столбчатая) - возникают многогранные столбы;
- шаровая (синоним: сфероидальная) - возникают шары, обычно скорлуповато-отслаивающиеся.

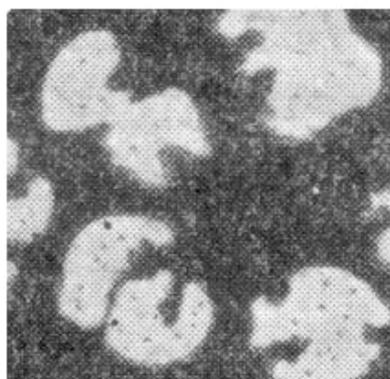
## **Ц е м е н т .**

При характеристике структур и текстур мы имели в виду до сих пор главным образом форму и расположение более крупных элементов в тех породах, где они составляют большую ее часть. Меньшая и более тонкозернистая часть породы составляет в этом случае то, что принято называть ее ц е м е н т о м . Взаимоотношения между зернами и цементом, а также строение самого цемента приводят к возникновению ряда особых текстур. Эти текстуры в типичном виде развиты лишь в обломочных породах, отчасти в органогенных. В глинах и чисто химических породах они почти отсутствуют. По взаимоотношению зерен и цемента в обломочных породах можно различить следующие типы цементации (Швецов, 1958):

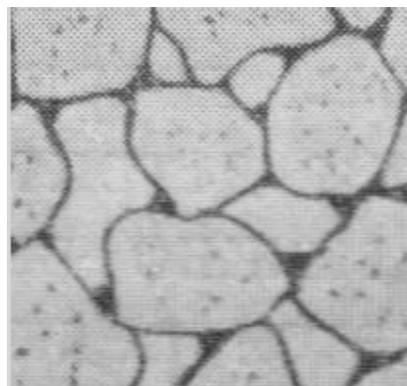
---

<sup>33</sup> *Отдельность горных пород* - характерные формы блоков, глыб и обломков, на которые делятся горные породы при естественном и искусственном раскалывании. Форма отдельности обусловлена ориентировкой и частотой ограничивающих её трещин; размеры различны (от сантиметров до метров в поперечнике).

Базальный (основной) цемент - цемент, в который зерна погружены, не соприкасаясь между собой (рис. 136, 144). Це-



**Рис. 136**  
*Цемент базальный и разъедания (коррозионный).*  
М.С.Швецов, 1958



**Рис. 137**  
*Цемент контактовый.*  
М.С.Швецов, 1958

ментация прочная. Этот тип обычно указывает, что цемент был более обилен, чем зерна, и отлагался одновременно с ними или раздвигал их в процессе своей кристаллизации. В редких случаях он представляет собой продукт замещения зерен первичной породы. Встречается очень часто.

Цемент соприкосновения, или контактовый (рис.137). Он развит в местах соприкосновения зерен. Цементация непрочная. Может быть первичным, а может образовываться в результате выщелачивания цемента, первоначально выполнявшего все поры.

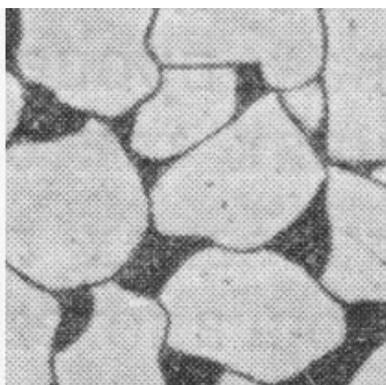
Цемент пор (рис. 138). В большей или меньшей степени выполняет пространство между соприкасающимися зернами. Прочность цементации может быть различной.

Цемент выполнения представляет разновидность цемента пор. Выполняет пустоты (поры), оставшиеся между зернами, цементом другого минерального состава. Возникает обычно в результате вторичного заполнения пор породы в частично выщелоченном первичном цементе. Прочность небольшая.

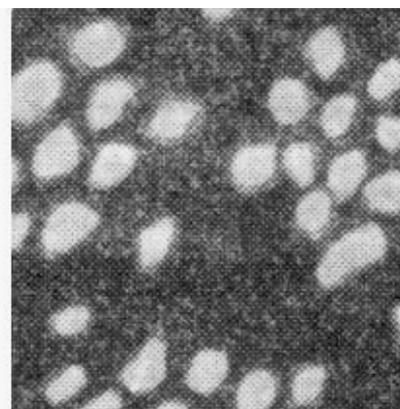
Цемент разъедания, или коррозионный не только выполняет промежутки между зернами, но и внедряется в них, заполняя впадины, получившиеся вследствие растворения или замещения зерен (см. рис. 136).

Часто встречается железистый цемент, внедряющийся в кварцевые зерна, реже кальцитовый. Очень прочный.

С г у с т к о в ы й , или п я т н и с т ы й цемент отличается неравномерным распределением в цементе скрепляемого им материала (рис. 139). Прочность разная.



**Рис. 138** Цемент пор.  
М.С.Швецов, 1958



**Рис. 139** Цемент базаль-  
ный и сгустковый  
М.С.Швецов, 1958

## *П о р и с т о с т ь .*

В осадочных горных породах, из-за неплотного прилегания минеральных частиц друг к другу существуют поры - пространства, заполненные газообразными или жидкими флюидами. Размер и форма пор могут варьировать в широких пределах. Совокупность всех пор независимо от их формы, размера, связи друг с другом и генезиса называют п о р и с т о с т ь ю .

Пористость оценивается по размеру пор, их количеству и способу образования (пористость межзерновая, кавернозная и др.) (рис. 140). Численно пористость выражают через коэффициент пористости, который представляет собой отношение суммарного объема пор к объему породы.

$$k_{п} = \frac{V_{пор}}{V_{породы}} \cdot 100\%$$

где  $k_{п}$  — коэффициент пористости;  $V_{пор}$  — суммарный объем пор в породе;  $V_{породы}$  — объем всей породы, включая поры.

Различают три вида пористости: полную (общую, абсолютную или физическую), открытую и эффективную.

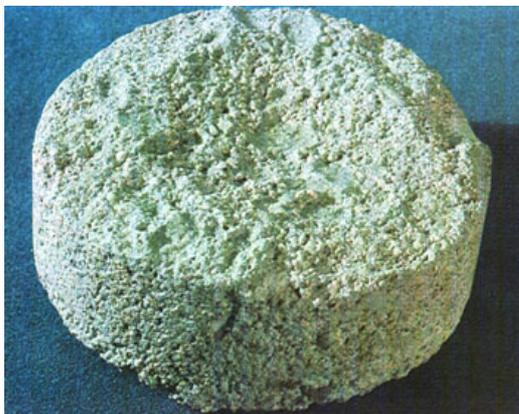
П о л н а я пористость — это совокупность всех видов пор, независимо от их размера, формы, сообщаемости и генезиса.

О т к р ы т а я пористость — это совокупность сообщающихся между собой пор.

Э ф ф е к т и в н а я пористость — совокупность пор, через которые может осуществляться миграция конкретного флюида. Для

каждого флюида эффективная пористость породы неодинакова, что зависит от характеристик вмещающей породы и самого флюида.

По генезису различают поры *первичные*, возникшие на стадии формирования горной породы (седиментогенез, диагенез), и *вторичные*, образовавшиеся в процессе существования породы (катагенез, гипергенез).



**Рис. 140** Пористый известняк, образован крупными и неровными частичками останков раковин морских организмов.

<http://do.metodist.ru:8080/6class/Lito/4/3.htm>

Первичные поры в осадочных породах образуются вследствие неплотного прилегания друг к другу составных частей обломочных пород, оолитов или органических остатков в карбонатных породах, а также благодаря наличию полостей и камер в скелетных остатках различных породообразующих организмов (фораминифер, гастропод, кораллов и т. д.), слагающих известняки с низким содержанием глинистого и обломочного (терригенного) материала. Поры между обломочными зёрнами называют *межзёрновыми*, между остатками фауны и оолитами — *межформенными*, а внутри остатков — *внутриформенными*.

Вторичную пористость представляют трещины, каверны и иногда межзёрновые поры. Трещины образуются при литологических превращениях пород, а также в хрупких породах (плотных известняках, доломитах, аргиллитах, крепких песчаниках и др.) при разрядке тектонических напряжений и вследствие естественного гидроразрыва.

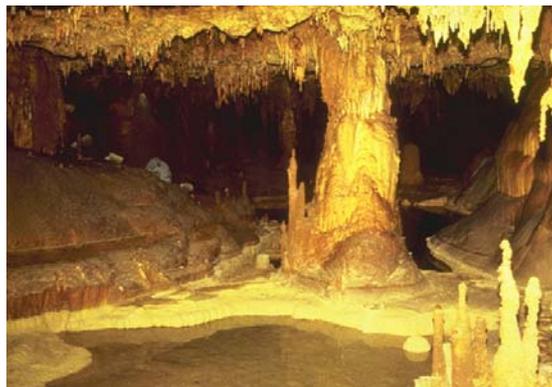
Особый тип пустот – это каверны растворения в карбонатных породах – известняках и доломитах. Всякий раз, когда такие породы находятся в зоне проникновения или циркуляции подземных вод, они в какой-то степени растворяются, и результатом может быть образование высокопористых пород. Размер каверн выщелачивания изменяется от микроскопических пор до гигантских пещер (*рис. 141, 142*).

Пористость пород зависит от укладки зёрен в породе, их величины и формы, а также давлением накапливающихся осадков, постепенно все более и более спрессовывающих породу и уменьшающих объём порового пространства. Упаковка зёрен может быть очень различной и в зависимости от этого промежутки между ними могут составлять больший или меньший процент породы.



**Рис. 141** Большие каверны, образованные за счет процессов выщелачивания.

[http://x.com.ua/cgi-bin/x.cgi?t=\\_rock-caverns&i=49&o=49](http://x.com.ua/cgi-bin/x.cgi?t=_rock-caverns&i=49&o=49)



**Рис. 142** Пещера, образованная за счет процессов выщелачивания.

[http://x.com.ua/cgi-bin/x.cgi?t=\\_rock-caverns&i=62&o=61](http://x.com.ua/cgi-bin/x.cgi?t=_rock-caverns&i=62&o=61)

Размер зерен не влияет на процент пористости, если этот размер одинаков, но при смешении зерен разного размера мелкие зерна частично заполняют пространство между крупными, уменьшая тем самым процент пористости. Итоговая пористость обломочных пород зависит от степени последующей цементации зерен; цемент породы осаждается из циркулирующих вод (таковы многие карбонатные, сульфатные и другие «хемогенные» цементы; весьма распространенные глинистые цементы образуются при одновременном осаждении песчаных зерен и глинистых частиц). Если цементация полная, то пористость не сохраняется.

Следует также отметить, что в процессе диагенеза, по мере вытеснения воды, поры все более заполняются минеральными новообразованиями, образующими основную (цементирующую) массу породы, что также обуславливает сокращение порового пространства. Однако, с другой стороны, в результате обезвоживания породы и воздействия вод, циркулирующих в уже затвердевшем осадке или породе при замещении или растворении отдельных минералов, образуются вторичные поры, хорошо сохраняющиеся, так как затвердевшая порода слабо поддается спрессовыванию.

## ***П р о н и ц а е м о с т ь .***

**П р о н и ц а е м о с т ь** – это способность горной породы пропускать сквозь себя флюид, что обуславливает свойство пород быть проводником при движении жидкостей или газов. Флюид движется по порам, кавернам, соединяющим каналам, трещинам. Чем крупнее пустоты и соединяющие их каналы, чем больше раскрытость трещин, тем выше проницаемость. Величину прони-

цаемости выражают через коэффициент проницаемости  $k_{пр}$ . Единицей проницаемости в СИ принят  $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ , который соответствует 0,981 Д (дарси) - внесистемной единице, применяемой в промышленности. Проницаемость  $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$  соответствует расходу жидкости (Q)  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  при фильтрации ее через пористый образец горной породы длиной (L) 1 м, площадью поперечного сечения (F)  $1 \text{ м}^2$  при вязкости жидкости ( $\mu$ ) 0,001 Па·с и перепаде давления ( $\Delta p$ ) 0,1013 МПа:

$$k_{пр} = \frac{Q\mu L}{\Delta p F}$$

Закон фильтрации Дарси применим при условии фильтрации однородной жидкости, при отсутствии адсорбции и других взаимодействий между флюидом и горной породой.

Различают абсолютную, эффективную и относительную проницаемость.

Под а б с о л ю т н о й проницаемостью (в практике ее обычно называют проницаемостью) понимают проницаемость, горной породы (или какого-либо другого пористого тела) применительно к однородному (однородной жидкости или однородному газу) флюиду, не вступающему с ней во взаимодействие.

Э ф ф е к т и в н а я проницаемость — это проницаемость горной породы для определенного жидкого (или газообразного) флюида при наличии в поровом пространстве газов (или жидкостей). Этот вид проницаемости зависит не только от морфологии пустотного пространства и его размера, но и от количественных соотношений между флюидами. Измеряется эффективная проницаемость в тех же единицах, что и абсолютная, но она практически всегда ниже её.

О т н о с и т е л ь н а я проницаемость — отношение эффективной проницаемости к абсолютной, она вычисляется арифметически. Относительная проницаемость безразмерна и выражается в долях единицы или процентах.

В практике поисковых работ и при разработке нефтяных и газовых месторождений обычно используют абсолютную проницаемость, которую чаще всего определяют посредством пропускания воздуха (или азота) через образцы горных пород.

Вследствие анизотропии физических свойств горных пород и ориентированного расположения трещин проницаемость в пласте горных пород по разным направлениям может существенно различаться.

Диапазон колебаний численных значений абсолютной проницаемости очень велик от  $5 \div 10 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$  до  $1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2$  и менее. Максимальные значения характерны для трещиноватых пород. Наиболее распространенные значения  $k_{пр}$  для промышленно продуктивных

нефтегазоносных пород варьируют от  $1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$  до  $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ . Проницаемость более  $1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$  считается очень высокой. Она наблюдается у слабо уплотнённых однородных, слабосцементированных песчаников и песков, залегающих на небольших глубинах, а также в сильно трещиноватых карбонатных породах, встречающихся на небольших и умеренных глубинах.

Следует отметить, что проницаемость в некоторой степени зависит от размера пор. Так, некоторые глины имеют такую же высокую пористость, как и песчаники, но они непроницаемы, так как размер их пор очень мал. Чем крупнее поры, тем выше проницаемость. Обычно породы с невысокой пористостью (10–15%) имеют также и низкую проницаемость. Если проницаемость мала, то нефть будет только слабо сочиться из породы и продуктивность окажется ниже экономически эффективной. Поэтому трудно извлекать нефть из глин, хотя обильные признаки нефти в них имеются во многих районах мира. Методы извлечения нефти из глинистых пород разрабатываются.

## ***О п и с а н и е   о с н о в н ы х   т и п о в о с а д о ч н ы х   г о р н ы х   п о р о д .***

### ***О б л о м о ч н ы е   п о р о д ы .***

Обломочные горные породы имеют широкое распространение. К ним относятся породы, в которых обломочная часть (продукты механического разрушения) составляет более 50%. Классификация их базируется на структурных признаках, основными из которых являются размер и форма частиц. Положение границ между отдельными подгруппами обломочных пород однозначно не определено в связи с тем, что с изменением размера частиц их облик и свойства изменяются постепенно. По структурным признакам выделяются четыре основные группы обломочных пород: грубообломочные, песчаные, алевроитовые и пелитовые. Кроме того, к категории обломочных относят эффузивно-осадочные (пирокластические) образования.

Форма обломков, возникающая при механическом раздроблении пород, весьма разнообразна. К окатанным относятся такие породы, у которых обломки имеют хорошо округленные, часто даже совсем сглаженные ребра. У неокатанных пород обломки часто являются остроугольными и не несут следов окатывания или сглаживания. Это деление важно потому, что окатанность материала указывает на достаточно длительное время и путь переноса обломков от

места разрушения до места накопления, неокатанность же, наоборот, указывает на быстроту и незначительное расстояние переноса.

Перемещаясь по поверхности суши или дну водоема, а также ударяясь друг о друга, частицы шлифуются, их вершины и ребра сглаживаются. Быстрее всего окатываются грубообломочные частицы, медленнее — песчаные зерна, а алевритовые обломки даже при длительном переносе нередко сохраняют свою первоначальную форму. Это объясняется, прежде всего, тем, что мелкие частицы переносятся водными потоками в основном во взвешенном состоянии.

Основной составной частью грубообломочных пород являются обломки пород различного генезиса и состава. В песчаных, а тем более алевритовых и пелитовых породах обломочные частицы представляют собой преимущественно обломки минералов. Это в значительной мере затрудняет определение состава и структурных признаков пород, из которых образовался осадочный материал.

По минеральному составу обломочные породы разделяют на мономинеральные, полиминеральные и олигомиктовые. К мономинеральным относятся образования, в которых какой-либо один минерал составляет не менее 95 % породы. В олигомиктовых породах один из минералов также должен резко преобладать и составлять 75—95 % всей массы. Полиминеральными называют породы, в которых ни один из минералов не превышает 75% их общего количества. Наиболее широко распространены полиминеральные разновидности.

### **Глыба** (рис. 143, 144).

**Структура.** Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

**Текстура.** Массивная, слоистая.

**Состав.** Различный. Могут быть полиминеральными,



**Рис. 143** Глыбы.

<http://faraon.com.ua/index.php?Lev=peschanikvid&Lang=rus>



**Рис. 144** Глыба малахита. Средний Урал. Россия.

<http://www.fmm.ru/gems/malachite/32266c1.htm>

либо мономинеральными.

**Цвет.** Различный, в зависимости от состава.

*Условия образования* Продукт физического выветривания. Встречаются в горных районах. Образуются при крупных землетрясениях, сопровождающихся обвалами.

*Применение.* Создание декоративных ландшафтов.

*Диагностика.* Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Разновидности.* Нет.

### **Валуны** (рис. 145, 146)

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков более 100 мм. Порода рыхлая, обломки окатаны.

*Текстура.* Массивная, слоистая.



**Рис. 145** Валуны.

<http://www.realbiker.ru/Travels/2004-08-07-21/shved0150.jpg>



**Рис. 146** Валуны. Крым.

[http://refraktor.narod.ru/krim\\_foto/krim\\_f7.html](http://refraktor.narod.ru/krim_foto/krim_f7.html)

*Состав.* Могут быть полиминеральными и мономинеральными.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуются под действием физического выветривания, в результате деятельности ледников, селевых потоков и горных рек, или в результате прибоя. По своему происхождению могут быть речными, озерными, морскими, ледниковыми.

*Применение.* Ландшафтный дизайн.

*Диагностика.* Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки окатаны.

*Разновидности.* Нет.

### **Щебень** (рис. 147).

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Могут быть полиминеральными или мономинеральными – из одной горной породы или минерала.

*Условия образования.* Образуются под действием физического выветривания поблизости от источника осадочного материала в результате обвалов, осыпей, оползней, как на суше, так и под водой, карстообразования, деятельности ледников, селевых потоков и других геологических процессов.

*Применение.* Строительный материал.

*Диагностика.* Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Разновидности.* Нет.

### **Галька** (рис. 148, 149)

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Текстура.* Массивная, слоистая.



**Рис. 148** Галька.  
<http://www.landscape.ru/materials/>



**Рис. 149** Галька и валуны.  
Иовское водохранилище.  
Кольский полуостров.  
<http://www.popov.org/photo/3093/shoreline-15.html>

*Состав.* Могут быть полиминеральными, и мономинеральными. Вместе с галькой могут присутствовать как более крупные, так и более мелкие обломки пород.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуются под действием физического выветривания. По генезису подразделяются на прибрежно-морские, речные, временных потоков, ледниковые и эоловые.

*Применение.* Строительный материал.

*Диагностика.* Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Разновидности.* Нет.

### **Галечник**

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 100-10 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Состоит из галек, промежутки между которыми могут быть ничем не выполнены (чистый галечник) или заполнены мелкообломочным материалом (песчаным, алевритовым). В зависимости от преобладающих размеров галек выделяют крупный (50-100 мм), средний (25-50 мм) - и мелкий (10-25 мм) галечник. По петрографическому составу различают галечники: моно-петрокластические, олиго- и полимиктовые.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* По генезису подразделяются на прибрежно-морские, речные, временных потоков, ледниковые и эоловые.

*Применение.* Строительные работы, декоративный ландшафт.

*Диагностика.* Размер обломков 100-10 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.

*Разновидности.* Нет.

### **Дресва.**

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки угловатые.

*Текстура.* Массивная

*Состав.* Остроугольные обломки пород, реже минералов.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.

*Применение.* В древние времена использовалась как отошитель глины при производстве керамических изделий. Дресву добавляли в глину при изготовлении посуды, что придавало керамике прочность и предотвращало растрескивание.

*Диагностика.* Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки угловатые.

*Разновидности.* Нет.

### **Гравий** (рис.150, 151)

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки окатанные. Порода рыхлая.

*Текстура.* Массивная.



**Рис. 150** Гравий и щебень.  
<http://spsigma.narod.ru/FOTOGRAVII.htm>



**Рис. 151** Гравий  
<http://control-all.narod.ru/Z/zapolnit.html>

*Состав.* Окатанные обломки пород, реже минералов.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.

*Применение.* Дорожные работы.

*Диагностика.* Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки окатанные. Породы рыхлая.

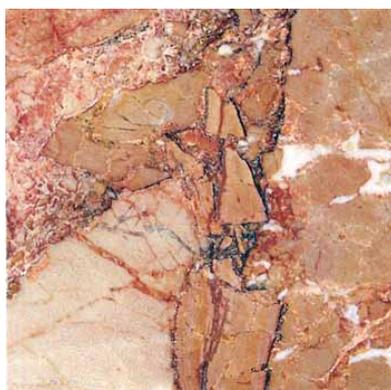
*Разновидности.* Нет.

**Брекчия** (итал. *Breccia* – щебень, галька) (рис. 152 - 154)

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 –



**Рис. 152** Фосфоритная брекчия. Дальний Восток.  
[http://www.fegi.ru/FEGI/museum/expoz/vitr15\\_1.htm](http://www.fegi.ru/FEGI/museum/expoz/vitr15_1.htm)



**Рис. 153** Брекчия. Мрамор.  
[http://www.baurer.ru/mram\\_3.shtml](http://www.baurer.ru/mram_3.shtml)



**Рис. 154** Брекчия.  
<http://www.6a3a.ru/main.php?mode=8&salers=33&firm=180>

100 мм - брекчия; более 100 мм – глыбовая брекчия. Обломки угловатые. Обломки сцементированы.

*Текстура.* Массивная, слоистая

*Состав.* Остроугольные обломки пород, реже минералов. Содержат частицы самого различного размера – от неокатанных глыб до мелкого щебня, дресвы и песчано-глинистого материала. Цемент: Песчано-глинистый, известково-глинистый, известковый, кремнистый, железистый, фосфатный и др.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуется поблизости от источника осадочного материала в результате обвалов, осыпей, оползней, как на суше, так и под водой, карстообразования, деятельности ледников, селевых потоков и других геологических процессов. Встречаются редко.

*Применение.* Строительство, ландшафтные работы.

*Диагностика.* Размер обломков 2 – 100 мм - брекчия; более 100 мм – глыбовая брекчия. Обломки угловатые, сцементированы.

*Разновидности.* Размер обломков 2 – 100 мм - брекчия; более 100 мм – глыбовая брекчия.

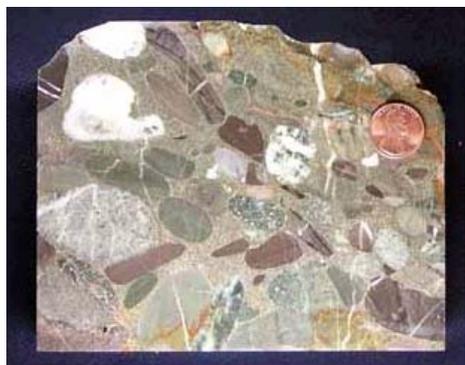
**Конгломерат** (лат. «конгломерата» - скопляться) (рис.155, 156)

*Структура.* Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 10 мм – гравийный конгломерат, 10-100 мм – галечный конгломерат;



**Рис. 155** Конгломерат.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_sed\\_conglomerate\\_01.jpg](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sed_conglomerate_01.jpg)



**Рис. 156** Конгломерат.

более 100 мм – валунный конгломерат. Обломки окатаны, сцементированы.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Сцементированный галечник и гравий. Состав гальки и цемента может быть различным.

*Цемент.* Песчано-глинистый, известково-глинистый, известковый, кремнистый, железистый, фосфатный и др.

др.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Различают морские, речные, предгорные и моренные ледниковые отложения. Имеют более широкое по сравнению с брекчиями распространение.

*Применение.* Строительство, ландшафтные работы. Железистые конгломераты иногда образуют крупные железорудные месторождения. Большое значение имеют также золотоносные конгломераты (Южная Африка).

*Диагностика.* Размер обломков, обломки окатаны, сцементированы.

*Разновидности.* Размер обломков 2 – 10 мм – гравийный конгломерат, 10-100 мм – галечный конгломерат; более 100 мм – валунный конгломерат.

### **Песок** (рис. 157, 158).

*Структура.* Псаммитовая (песчаная). Размер обломков: 0,1 – 0,25 мм – мелкозернистый песок; 0,25 – 0,5 мм – среднезернистый песок;



**Рис. 157** Песок.

[http://www.landscape.ru/materials/flo wer\\_beds/](http://www.landscape.ru/materials/flo wer_beds/)



**Рис. 158** Песчаные скалы на побережье Чёрного моря (Болгария).

<http://www.rozamira.com/country/?id=1230&gl=countries/>

0,5 – 2 мм – крупнозернистый песок. Порода рыхлая. Степень окатанности зерен различная: от угловатых до хорошо окатанных (морские пески).

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Породообразующие минералы: кварц, полевые шпаты, слюды. Также содержат глауконит и обломки горных пород. Среди аксессуарных минералов встречаются магнетит, ильменит, гранат, циркон, турмалин, рутил. Часто содержат примеси органического углистого или битуминозного вещества. В зависимости от того,

сколько минералов входит в состав песка, различают мономинеральные, состоящие из одного минерала, и полимиктовые пески, состоящие из нескольких минералов.

*Цвет.* Различный, в зависимости от примесей.

*Условия образования.* По своему происхождению пески могут быть речными, морскими, озерными, флювиогляциальными.

*Применение.* Строительство. Применяются при производстве стекла, фарфора, фаянса, в литейном деле, при мощении дорог.

*Диагностика.* Структура

*Разновидности.* Размер обломков: 0,1 – 0,25 мм – мелкозернистый песок; 0,25 – 0,5 мм – среднезернистый песок; 0,5 – 2 мм – крупнозернистый песок.

**Песчаник** (греч. «псаммитес» - песчаный) (рис. 159 - 161).

*Структура.* Псаммитовая (песчаная). Размер обломков: 0,1 – 0,25 мм – мелкозернистый песок; 0,25 – 0,5 мм – среднезернистый песок; 0,5 – 2 мм – крупнозернистый песок. Порода сцементирована. Сте-



**Рис. 159** Песчаник.

Коллекция кафедры геологии РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина



**Рис. 160** Песчаник.

<http://kamni.com.ru/peschanik/barashek.jpg>



**Рис. 161** Песчаники.

<http://www.2kamnya.ru>

пень окатанности зерен различная: от угловатых до хорошо окатанных (морские пески).

*Текстура.* Массивная, слоистая. *Состав.* Породообразующие минералы: кварц, полевые шпаты, слюды. Также содержат глауконит и обломки горных пород. Среди акцессорных минералов встречаются магнетит, ильменит, гранат, циркон, турмалин, рутил. Часто содержат примеси органического углистого или битуминозного вещества. В зависимости от того, сколько минералов входит в состав песка, различают мономинеральные, состоящие из одного минерала, и полимиктовые пески, состоящие из нескольких минералов. Цемент: глинистый (гидрослюды, каолинит), известковый (кальцит, доломит, реже сидерит), кремнистый (опал, халцедон, кварц), железистый (окислы и гидроокислы железа), иногда хлоритовый, фосфатный, сульфатный. Во многих песчаниках цемент полиминеральный (известково-глинистый, кремнисто-глинисто-известковый и др.)

*Цвет.* Различный, в зависимости от примесей.

*Условия образования.* По своему происхождению могут быть речными (аллювиальные), морскими, озерными, флювиогляциальными.

*Применение.* Строительство. Применяются для кладки стен. Для изготовления огнеупорного кирпича – динаса. Аллювиальные пески часто содержат золотоносные, платиновые, монацитовые, шеелитовые и другие россыпи, а также россыпи драгоценных камней. Глауконитовые разности используют для извлечения глауконита, который находит широкое применение в производстве зеленой краски, для смягчения воды (как адсорбент в фильтрах), для удобрения полей (калийные удобрения). Месторождения: Украина, Урал, Средняя и Центральная Азия, Прибалтика, Подмосковье и др.

*Диагностика.* Размер обломков, порода сцементирована.

*Разновидности.* А р к о з о в ы й песчаник – состоит из кварца, полевых шпатов и слюды. Образуется он при разрушении гранитоидов. Г р а у в а к к о в ы й песчаник (г р а у в а к к ) – темноокрашенный, зелено-бурый и зелено-серый песчаник, обычно плотно сцементирован. Состоит из зерен различных минералов и обломков осадочных, изверженных и метаморфических пород.

**Алеврит** (греч. *aleuron* - мука) (рис. 162).

*Структура.* Алевритовая (пылеватая). Размер обломков: 0,01 - 0,025 мм – мелкозернистый; 0,025 - 0,05 мм – среднезернистый; 0,05 – 0,1 мм – крупнозернистый. Порода рыхлая.

*Текстура.* Массивная, слоистая

*Состав.* Глинистые минералы (каолинит, монтморелонит и др.), слюда, кварц, глауконит, полевые шпаты. По составу также выделяют мономинеральные, олигомиктовые и полиминеральные.

*Цвет.* Различный, в зависимости от примесей.

*Условия образования.* Образуются в морях, озерах, в речных долинах, на склонах (делювий) и эоловым путем.



**Рис. 162** Алеврит с останками мезозостродона (маленькое четвероногое млекопитающее, возможно, похожее на землеройку, обитавшее на юге Африки 180-185 млн. лет назад).

<http://paleontology.chat.ru/galer/gal12.htm>

*Применение.* Лёсс широко используется при изготовлении самана и кирпича. Супесь применяется в качестве сырья при производстве строительной керамики.

*Диагностика.* Размер обломков. Порода рыхлая.

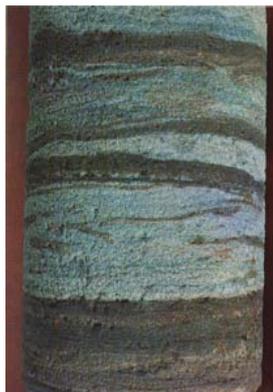
*Разновидности.* Лёсс - это однородная порода, желтовато-серого, буровато-серого цвета, состоящая из частиц диаметром 0,05 – 0,005 мм (до 60-95%). Частицы держатся в куске благодаря межмолекулярным силам и цементации, но легко растираются между пальцами и легко распадаются в воде. Пластичность лёсса невысокая. В обнажениях лёсс

обладает столбчатой отдельностью и образует вертикальные откосы. Пористость его очень высокая, более 50%, причем различают макро- и микропоры. По минералогическому составу это преимущественно кварцевая порода с небольшим содержанием полевых шпатов и акцессорных минералов. Из аутигенных образований присутствуют кристаллы и конкреции кальцита и гипса. Глинистые минералы содержатся в небольшом количестве и представлены в основном гидрослюдами и монтмориллонитом. При увлажнении лёссов грунтовыми или поверхностными водами они дают значительные по величине и неравномерные осадки (просадки, благодаря уменьшению объема). Лёсс широко распространен в Китае, Средней Азии, Предкавказье, Украине, Средней Европе и в других странах. Мощность лёсса от нескольких до сотни метров. Еще более широко распространены различные лёссовидные породы: глины, суглинки, супеси и др. Последние имеют различное, чаще всего делювиально-пролювиальное или речное происхождение. С у г л и н о к - рыхлая песчано-глинистая осадочная горная порода, содержащая 10-30% (по весу) глинистых частиц (размером менее 0,005 мм). Минералогический состав суглинков разнообразен: в песчаных разностях содержится значительное количество кварца, в более глинистых - глинистые минералы (каолинит, иллит, монтмориллонит и др.). Иногда суглинки обогащены органическим веществом или водораство-

римиными солями (в аридных областях). Происхождение их - обычно континентальное; соответствующие им морские отложения называются песчанистыми или алевроитистыми глинами. Используются суглинки в качестве сырья для производства кирпича. **С у п е с ь** - алевроитовая порода, состоящая из алевроитовых (30 - 50%) и пелитовых (0 - 25%) частиц. Менее пластична, чем суглинок.

### **Алевролит** (рис. 163)

*Структура.* Алевроитовая (пылеватая). Размер обломков: 0,01 - 0,025 мм – мелкозернистый; 0,025 - 0,05 мм – среднезернистый; 0,05 – 0,1 мм – крупнозернистый. Порода цементированная.



**Рис. 163**  
*Керн алевролита.*

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит и др.), слюда, кварц, глауконит, полевые шпаты. По составу также выделяют мономинеральные, олигомиктовые и полиминеральные. Цемент преимущественно известковый или кремнистый. Может также быть железистый, хлоритовый, фосфатный и сульфатный.

*Цвет.* Различный: серый, темно-серый, бурый, красный, зеленовато-серый и др.

*Условия образования.* Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.

*Применение.* Камень для мощения дорожного и строительство зданий.

*Диагностика.* Алевроитовая структура. Порода цементированная.

*Разновидности.* Размер обломков: 0,01 - 0,025 мм – мелкозернистый; 0,025 - 0,05 мм – среднезернистый; 0,05 – 0,1 мм – крупнозернистый.

### **Глины** (рис. 164 - 167).

*Структура.* Пелитовая. Размер обломков менее 0,01 мм. В сухом виде они характеризуются землистым строением и легко растираются пальцами. При впитывании влаги глины становятся вязкими и пластичными, при высыхании сохраняют приданную им форму, а после обжига приобретают высокую твердость. Глинистые пласты водоупорны.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Глинистые минералы: каолинит  $H_4Al_2Si_2O_9$ , монтмориллонит  $(Mg, Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O$ ; содержат примеси кварца, халцедона, опала, серицита и гидроокислов железа. В глинах присутствуют также полевые шпаты, кальцит, доломит, гипс, рутил, турмалин,

роговая обманка, глауконит, пирит, марказит, лимонит, гематит, магнетит, сидерит. Чистые глины называют жирными, а со значительной примесью песка – тощими. Жирные глины характеризуются высоким содержанием каолинита (40-70%). Они



**Рис. 164** Глина.  
<http://svetlf.narod.ru/page6.htm>



**Рис. 165** Пласт голубой глины.  
<http://wmbel.narod.ru/image/kuniya/gl.jpg>



**Рис. 166** Пласты глины.  
<http://www.kermandn.ru/Images/nc1.jpg>

жирные на ощупь, окрашены в серый, светло-серый и зеленоватый цвета. Тощие глины сравнительно бедны каолинитом и окрашены чаще всего окислами железа или органическими веществами в желтые, желтовато-бурые, красно-бурые, синеватые цвета различных оттенков.

*Цвет.* Различный в зависимости от примесей.

*Условия образования.* При выветривании полевых шпатов, нефелина, слюд. При этом значительная роль отводится химическому выветриванию, вследствие чего глины часто относят к хемогенным.



**Рис. 167** Каолинитовая глина.  
<http://www.stroyfarfor.ru/kaolin/index.htm>

*Применение.* Для производства огнеупорных изделий и материалов, фарфора, керамики, кормовых добавок, для производства санитарно-фаянсовых и санитарно-технических изделий и плиток для внутренней облицовки стен; для производства плиток керамических для полов, фасад-

ной плитки, кислотоупорного кирпича; для производства канализационных труб; для производства кирпича и камней керамических лицевых; широко применяется в медицине, резиновой и бумажной

промышленности и др. Глинистые пласты являются водоупорами, что имеет большое значение для формирования и сохранности залежей углеводородов.

*Диагностика.* Пелитовая структура. В сухом виде они характеризуются землистым строением и легко растираются пальцами. При впитывании влаги глины становятся вязкими и пластичными, при высыхании сохраняют приданную им форму, а после обжига приобретают высокую твердость.

*Разновидности.* Каолинистые глины (рис. 167) представляет собой белую, глинистую, тонкозернистую, рыхлую, жирную на ощупь, малопластичную породу. Монтмориллоновые глины представляют собой жирные на ощупь, светлые, серовато-белые, зеленоватые, желтоватые породы, характеризующиеся высокой пластичностью, способны разбухать в воде, обладают высокой адсорбционной способностью.

### **Аргиллит** (от греч. *argillos* - глина и *lithos* - камень) (рис.168)

*Структура.* Пелитовая. Размер обломков менее 0,01 мм.

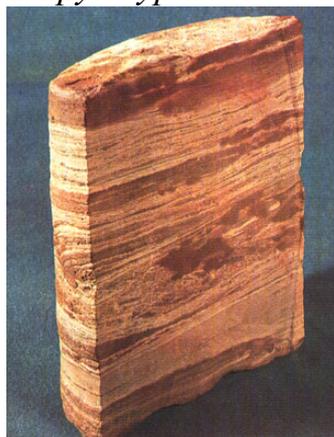


Рис. 168 Аргиллит.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Глинистые минералы, кварц, слюда, полевые шпаты, иногда глауконит, карбонаты, опал, халцедон, окислы железа. Многие аргиллиты обогащены органическим веществом.

*Цвет.* Серый, темно-серый, зеленовато-серый, бурый, коричневый, реже красный.

*Условия образования.* Образуется в результате уплотнения, обезвоживания и цементации глин; от последних отличается большей твердостью и неспособностью размокать в воде.

Однако некоторые аргиллиты размокают в воде, что обусловлено их минералогическим составом (наличие разбухающих минералов).

*Применение.* Аргиллиты используются для производства высококачественного кирпича и другой стеновой керамики (Донецкая, Луганская области России). В Японии и США из аргиллитов изготавливают керамзит.

*Диагностика.* Пелитовая структура. Размер обломков менее 0,01 мм.

*Разновидности.* Нет.

## ***Х е м о г е н н ы е п о р о д ы .***

Эти породы образуются в замкнутых бассейнах – мелководных морских заливах и соляных озёрах, в которых благодаря сильному

испарению воды под лучами солнца получается насыщенный раствор и происходит кристаллизация солей. К химическим породам относятся соли, некоторые известняки, доломиты, бокситы, кремнистые породы.

Структура хемогенных осадочных пород – кристаллическая, текстура главным образом массивная.

## К а р б о н а т н ы е п о р о д ы

наиболее распространены среди осадочных пород химического генезиса. Они представлены, в основном, известняками, доломитами.

### **Известняк хемогенный** (рис. 169, 170)

*Структура.* Кристаллическая: грубозернистая – размер зерен более 1,0 мм; крупнозернистая - 1,0 - 0,5 мм; среднезернистая - 0,5 - 0,1 мм; мелкозернистая - 0,1 - 0,05 мм; тонкозернистая - 0,05 – 0,01



**Рис. 169** Известняк хемогенный.  
<http://www.imgg.ru/margeology.htm>



**Рис. 170** Известняк хемогенный.  
<http://tomgdk.narod.ru/limestone.html>

мм; пелитоморфная - менее 0,01. Равномерно- и неравномернозернистая; оолитовая. Известняки хемогенного генезиса плотные и тонкозернистые.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Состоит не менее чем на 95 % из кальцита  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Примесью могут быть глинистый материал, а также разные минералы (графит, лимонит, гематит и др.) и органическое вещество.

*Цвет.* Разный, от чисто белого до черного (в зависимости от примеси).

*Условия образования.* Образуется из водных растворов в карстовых областях.

*Применение.* С древности люди получали из известняка известь, строительные камни, известковые растворы. Известняк идёт на изго-

товление цемента, железо бетона и пенобетона. Интересно, что известняк используют при изготовлении сахара, тканей, зубного порошка, красок, стекла. Обычно известняк добывают в карьерах, т.к. он чаще встречается в залежах неглубоко от поверхности. Иногда его добывают в штольнях, глубоких горизонтальных коридоров, уходящих в глубину в склонах гор.

*Диагностика.* Обломок породы активно разлагается в холодной соляной кислоте (при этом наблюдается шипение) полностью без остатка.

*Разновидности.* О о л и т о в ы й и з в е с т н я к .

### **Известковый туф** (рис. 171)

*Структура.* Крупнозернистая.

*Текстура.* Массивная, пористая.

*Состав.* Кальцит  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Часто содержит отпечатки растений и различные органические остатки.

*Цвет.* Белый, желтоватый, сероватый.

*Условия образования.* Образуется в результате осаждения карбоната кальция из горячих и холодных источников.



**Рис. 171** Известковые чаши. Памуккале. Западная Турция.

<http://www.omsk.edu.ru/schools/sch056/site3/page17.htm>

*Применение.* Используется как флюс, строительный материал, облицовочный и декоративный камень, а также для производства цемента и для обжигания извести. Главные месторождения: в Армении, Азербайджане, Италии. Использовался при строительстве Коллизея и собора Святого Петра в Риме.

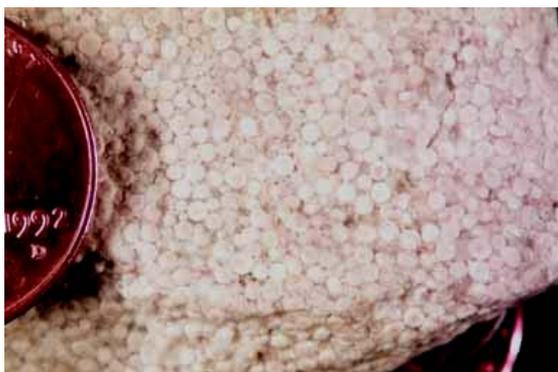
*Диагностика.* Реакция с  $\text{HCl}$ .

*Разновидности.* Т р а в е р т и н – плотная порода, имеющая кристаллическое строение

### **Оолитовый известняк** (рис. 172, см. рис. 126).

*Структура.* Оолитовая.

*Текстура.* Массивная.



**Рис. 172 Известняк оолитовый.**  
<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/SedRx/Rocks/oospar1.html>

*Состав.* Кальцит  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Иногда встречаются остатки фауны. В центральной части оолита может находиться зерно любого состава и формы.

*Цвет.* Различный, в зависимости от примесей.

*Условия образования.* Образуются в условиях движущейся воды, путем постепенного осаждения слоев мелкозернистого осадка, а также уже после выпадения, в условиях диагенеза.

*Применение.* Строительство.

*Диагностика.* Реакция с  $\text{HCl}$ .

Оолитовая структура.

*Разновидности.* П и з о л и т о в ы м и известняками называют породы, сложенные образованиями типа оолитов, но значительно более крупных (до 5 мм и более). Образуются, по-видимому, в ключах с сильным движением воды. Встречаются редко. П с е в д о - о л и т ы – маленькие сферические образования без центрального ядра, сложенные мелкозернистым кальцитом, не обладающие концентрическим и радиальным строением. Имеют различное происхождение.

### **Доломит хемогенный** (рис. 173, 174).

*Структура.* Кристаллическая: грубозернистая – размер зерен более 1,0 мм; крупнозернистая - 1,0 - 0,5 мм; среднезернистая - 0,5 - 0,1 мм; мелкозернистая - 0,1 - 0,05 мм; тонкозернистая - 0,05 – 0,01 мм; пелитоморфная - менее 0,01. Равномерно- и неравномернозернистая; оолитовая. Плотные, тонкозернистые, низкопористые, нередко трещиноватые породы.

*Текстура.* Массивная, реже слоистая.

*Состав.* Состоит из доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . В доломитах часто содержится примесь кальцита и глинистого материала, иногда отмечаются гипс, целестин, флюорит, опал.

*Цвет.* Обычно белый, кремовый или серый.

*Условия образования.* Выпадают в осадок в лагунах, морских заливах в условиях жаркого засушливого климата, когда испарение преобладает над поступлением пресных вод.

*Применение.* До настоящего времени основными областями применения доломита являлось дорожное и жилищное строительство (до-

ломит как наполнитель для асфальтобетонного покрытия и основа шлакоблоков для низкоэтажного строительства). Кроме того, доломитовая мука традиционно используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения для известкования почв. Внесение в почву известняковых удобрений устраняет ее избыточную кислотность, вредную для многих сельскохозяйственных культур. Исследования, проводимые в Пензенской области, показали, что доломит можно также использовать при стекловарении.

*Диагностика.* В отличие от известняка реагирует с соляной кислотой в порошке. Характерно наличие раковистого излома. Шершавый на ощупь.

*Разновидности.* Пелитоморфные доломиты — плотные, однородные породы с пелитоморфной структурой. Обычно они лишены терригенных примесей, реже содержат глинистые примеси или тонкие прослойки гидрослюдистых и монтмориллонито-



**Рис. 173** Доломит.

[http://mineral.galleries.com/minerals/by\\_name.htm](http://mineral.galleries.com/minerals/by_name.htm)



**Рис. 174** Доломит.

[http://mineral.galleries.com/minerals/by\\_name.htm](http://mineral.galleries.com/minerals/by_name.htm)

вых глин, не содержат органических остатков. Оолитовые доломиты состоят из концентрических и радиально-лучистых оолитов, сцементированных пелитоморфным и зернистым доломитом. Иногда содержат остатки морской фауны (криноиды, моллюски).

**Сидерит** (греч. *sideritis*, от *sideros* — железо) (рис. 175).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Состоит из сидерита  $\text{Fe}[\text{CO}_3]$  (62,01% FeO и 37,99%  $\text{CO}_2$ ). В виде изоморфных примесей в состав сидерита часто входят Mn и Mg, замещающие железо, реже Ca, иногда Co и Zn.

*Цвет.* Желтовато-белый, серый, зеленовато-серый, при выветривании становится бурым.



**Рис. 175** Друза сидерита. Михайловский карьер, Железногорск, КМА, Россия.  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr29/72806c1.htm>

*Условия образования.* Образуется при гидротермальных процессах, также может быть седиментогенного (инфильтрационного и осадочного) и метаморфизованного происхождения. Обычно находится в виде зернистых агрегатов, натёков, конкреций, сферолитов и землистых скоплений; образует залежи в виде жил, пластов и тел неправильной формы.

*Применение.* Руда на железо.

*Диагностика.* Интенсивно растворяется в подогретой соляной кислоте.

*Разновидности.* Нет.

## Г а л о г е н н ы е п о р о д ы .

Породы этой группы различаются по химическому составу, но очень близки по условиям образования. Среди этих пород следует указать каменную соль, гипс, ангидрит.

### ***Каменная соль*** (рис.176 - 179).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Галит NaCl (99%). В качестве примесей содержит глинистый и реже тонкопесчанистый материал, который либо тонко рассеян в породе, либо слагает прослой, пласты, линзы и т.д. В составе глинистых прослоек или по периферии зёрен галита, а иногда и внутри их присутствуют карбонаты, ангидрит, аутигенный кварц, глинистые и (реже) калийные минералы.

*Цвет.* Изменяется от белой, голубой, розовой и красной до черной в зависимости от различных примесей.

*Условия образования.* Значительная часть имеющегося в природе хлористого натрия растворена в воде морей и океанов. Каменная соль образуется, главным образом, при экзогенных процессах в бассейнах аридных зон. В небольших количествах выделяется в процессе вулканической деятельности, образуется в солончаках, известна как продукт выветривания хлорсодержащих минералов. Залегает среди осадочных пород в виде пластов большой мощности, слагает ядра куполовидных структур (см. Соляная тектоника), образует ограниченных размеров прослой, линзы, гнёзда и вкрапления. Наибо-

лее крупные месторождения находятся в Белоруссии (Старобинское, Давыдовское), на Украине (Солотвинское, Роменское, Славянское, Артёмовское), на Урале (Соликамское, Шумковское), в Прикаспийской впадине и примыкающих к ней Башкирском и Оренбургско-Актюбинском соляных бассейнах, в Средней Азии и др.; за рубежом - в Польше, ГДР, ФРГ, Швейцарии, Италии, Великобритании, США, Канаде, Индии.



**Рис. 176** Каменная соль.  
Донбасс. Украина.  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr30/17599c1.htm>



**Рис. 177** Каменная соль.  
[http://photo.knedlik.ru/details.php?image\\_id=367&sessionId=4b56832364c7b16620eef2657a97bb9](http://photo.knedlik.ru/details.php?image_id=367&sessionId=4b56832364c7b16620eef2657a97bb9)



**Рис. 178** Каменная соль.  
[http://geo.ivo.ru/img/salt\\_1.jpg](http://geo.ivo.ru/img/salt_1.jpg)



**Рис. 179** Кристаллы галита.  
<http://ognevcenter.11.com1.ru/articles.php?st=soli.htm&rid=0cf4b7cc6f64b45216943ecf36e2ccec>

*Применение.* Антисептические свойства галита обуславливают его применение в консервной промышленности. Широко используется в качестве сырья для получения соляной кислоты, хлора и всех натриевых солей: сульфата, соды, сернистого натра, а также металлического натрия. Кроме того, каменную соль применяют в керамике, мыловарении, пищевой промышленности, металлургии, медицине. Каменная соль используется в анилино- и лакокрасочной, лесохимической, азотной, текстильной, фармацевтической, кожевенной, нефтяной промышленности, в производстве пластических масс. Крупные прозрачные кристаллы применяются в оптических приборах.

*Диагностика.* Соленый вкус, легко растворима в воде.

*Разновидности.* Нет.

**Сильвинит** (*Sylvius*, латинизированное имя голландского врача и химика Ф. Боз; 1614—72) (рис.180, 181).

*Структура.* Кристаллическая.



**Рис. 180** Сильвин.

[http://schools.techno.ru/doog/vbk/img\\_d\\_z\\_vbk/id066\\_salvin\\_b.jpg](http://schools.techno.ru/doog/vbk/img_d_z_vbk/id066_salvin_b.jpg)



**Рис. 181** Сильвин. Старобинское месторождение, Белоруссия.

<http://www.fmm.ru/specimens/vitr30/77691c1.htm>

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Сильвин  $KCl$  (15-40%) и галит  $NaCl$  (25-60%); также содержит примеси  $Bг$ , реже  $I$ ; пузырьки газа ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $He$  и др.) В виде примесей содержит окись железа  $Fe_2O_3$ , глинистый материал, сульфаты кальция и др.

*Цвет.* Белый, красновато-бурый, красный с пятнами синего и белого цвета.

*Условия образования.* Отлагается в осадочных соленосных толщах вместе с галитом, карналлитом, образуя иногда крупные толщи промышленных месторождений калийных солей. Встречается также в возгонах вулканов.

*Применение.* Прозрачные кристаллы (искусственные) применяются в оптических системах спектрографов и других приборах.

*Диагностика.* Легко растворим в воде; на вкус — жгучий, горьковато-солёный.

**Гипс** (рис. 182 -185).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная. Агрегаты плотные, зернистые, листоватые, волокнистые (селенит).

*Состав.* Гипс  $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$

*Цвет.* Самый разнообразный, в зависимости от количества и состава примесей.

*Условия образования.* Это типичный морской химический осадок. Среди осадочных пород образует пласты, часто ассоциируется с ангидритом, галитом, самородной серой, может образоваться при гидратации ангидрита. Гипс также формируется в зоне выветривания сульфидов и самородной серы, при этом возникают плотные или рыхлые массы, обычно загрязнённые глинистыми и другими примесями.



**Рис. 182 Гипс-селенит.**  
<http://www.bestcrystals.com/selenite.html>



**Рис. 183 Гипс-селенит.**  
[http://schools.techno.ru/doog/vbk/img\\_d\\_z\\_vbk/id101\\_gips\\_b.jpg](http://schools.techno.ru/doog/vbk/img_d_z_vbk/id101_gips_b.jpg)



**Рис. 184 Гипс Поречья.**  
[http://gov.cap.ru/home/chuv\\_porezk/927.JPG](http://gov.cap.ru/home/chuv_porezk/927.JPG)



**Рис. 185 Гипсовая роза. Южный Урал.**  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr62a/69616c1.html>

*Применение.* Обожжённый гипс применяется для лепных работ, в архитектуре, для штукатурки, в медицине, цементной и бумажной промышленности. Сырой гипс используется при производстве портландцемента, для ваяния статуй и в качестве удобрения. Волокнистый гипс-селенит широко применяется для поделок.

*Диагностика.* Твёрдость 2, чертится ногтем.

*Разновидности.* Белая просвечивающая мелкозернистая или плотная разновидность гипса называется **а л е б а с т р о м**. Волокнистая разновидность гипса - **с е л е н и т**.

**Ангидрит** (рис.186-189).

*Структура.* Кристаллическая. Плотная, реже крупнозернистая.

*Текстура.* Массивная. Встречается в виде волокнистых, зернистых и плотных агрегатов.

*Состав.* Ангидрит  $\text{CaSO}_4$ . Содержит небольшое количество каменной соли.

*Цвет.* Цвет различный, светлый с разными оттенками (часто слегка голубоватый или сероватый). Прозрачный до непрозрачного.

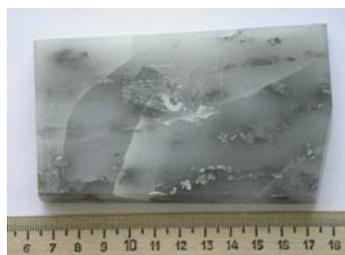
*Условия образования.* Осаждался из морской воды, встречается в со-



**Рис. 186** Мелкозернистый агрегат фиолетового ангидрита.  
Красноярский край, Россия.  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr29/82355c1.htm>



**Рис. 187** Ангидрит бледно-голубой.  
<http://nephrit.ru/gallery.shtm?func=show&branch=7>



**Рис. 188** Ангидрит темно-серый скрытокристаллический.  
<http://nephrit.ru/gallery.shtm?func=show&branch=7>



**Рис. 189** Ангидрит розовый.  
<http://nephrit.ru/gallery.shtm?func=show&branch=7>

ляных месторождениях (Спишска-Нова-Вес в ЧССР, Величка и Бохня в ПНР, Стасфурт в ГДР и др.).

*Применение.* Используется в качестве поделочного камня, как удобрение, в химической промышленности для производства серной кислоты. Голубоватый ангидрит полируется и применяется вместо мрамора в Италии (Вульпино в Ломбардии).

*Диагностика.* Цвет, в отличие от гипса более твердый (не царапается ногтем).

## Ф о с ф а т н ы е п о р о д ы .

Фосфаты занимают относительно небольшое место среди осадочных пород. К ним относят породы, сложенные более чем на 50% аморфными или микрокристаллическими минералами группы апатита (или в пересчёте на  $P_2O_5$  свыше 18%). В геологоразведочной практике к фосфоритам часто относят также породы, содержащие от 5 до 18%  $P_2O_5$ . Наиболее известными из них являются фосфориты.

### **Фосфорит** (рис.190, 191).

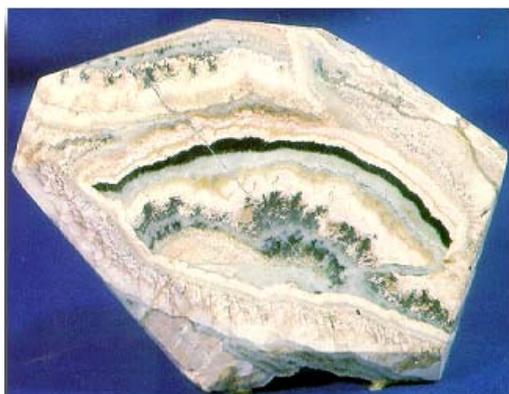
*Структура.* Зернистая, оолиты, конкреции и др.

*Текстура.* Слоистая, натечная.

*Состав.* Минералы группы апатита, почти всегда присутствуют органическое вещество, карбонаты Ca, Mg и Fe, глинистые минералы, обломочные зерна песчано-алевритовой размерности, пирит, гидроокислы железа, кварц, аутигенные опал, халцедон, глауконит; часто концентрируются U, а также Pb, Sr, реже - примеси V, Sc, Zr, Se, Be.

*Цвет.* Окраска фосфоритов обычно темная, серая, коричневатая-серая, зеленоватая-серая. Она определяется присутствием примесей хромофоров, главным образом органического вещества, сульфидов железа, глауконита. Чистые фосфориты имеют белый цвет.

*Условия образования.* Могут быть как морского, так и континентального генезиса. Происхождение залежей морских фосфоритов спорно. Согласно представлениям одних ученых (А.В.Казиков, А.С.Соколов, А.И.Смирнов, Дж.Мансфилд, В.Мак-Келви и др.), глубинные воды океана, обогащенные растворенным фосфором за счёт



**Рис. 190** Фосфорит.

<http://www.fegi.ru/PRIMORYE/MUSEUM/FEGI/phos.htm>



**Рис. 191** Конкреции фосфорита в песчанике.

<http://www.fmm.ru/specimens/vitr19/20914c1.htm>

гибели планктона, выносились течениями на отмели, теряли углекислоту в зоне фотосинтеза и благодаря этому химическим путем осаждался  $P_2O_5$ . Отвергая возможность хемогенного образования фос-

форитов, другие исследователи (Г.И.Бушинский, В.Н.Холодов и др.) предполагают, что фосфор в определенные моменты геологической истории поступал в большом количестве с континентов, осаждался планктоном и др. организмами вблизи от берега (в устьях палеорек), а затем, вследствие диагенетического перераспределения веществ в иле образовывал фосфоритовые залежи. Фосфориты образуют конкреции шаровидной, неправильно-округлой, шишковатой (форма картофеля) или иной формы, шероховатых, или гладких с поверхности.

*Применение.* Фосфориты с содержанием около 15-30%  $P_2O_5$  являются полезным ископаемым. Реже встречаются фосфориты с более богатым содержанием  $P_2O_5$  (35-40%). Фосфориты используются главным образом для приготовления фосфорных удобрений (фосфоритная мука, суперфосфат, преципитат, томасшлак, аммофос и др.). Кроме того, из них попутно в промышленных масштабах извлекается ряд редких элементов

*Диагностика.* В зависимости от состава примесей фосфориты внешне могут быть похожими на самые различные осадочные породы — песчаники, глины, известняки и др. Для того чтобы их уверенно диагностировать, необходимо произвести качественную реакцию на фосфор. С этой целью образец смачивают несколькими каплями смеси, состоящей из крепкой азотной кислоты и раствора молибденовокислого аммония 15—20%-ной концентрации. Появление фосфорной соли молибдена ярко-желтой окраски свидетельствует о присутствии фосфора. Подобный же эффект дает и мышьяк, но в осадочных породах он присутствует в весьма ограниченных количествах.

*Разновидности.* Нет.

## К р е м н и с т ы е п о р о д ы .

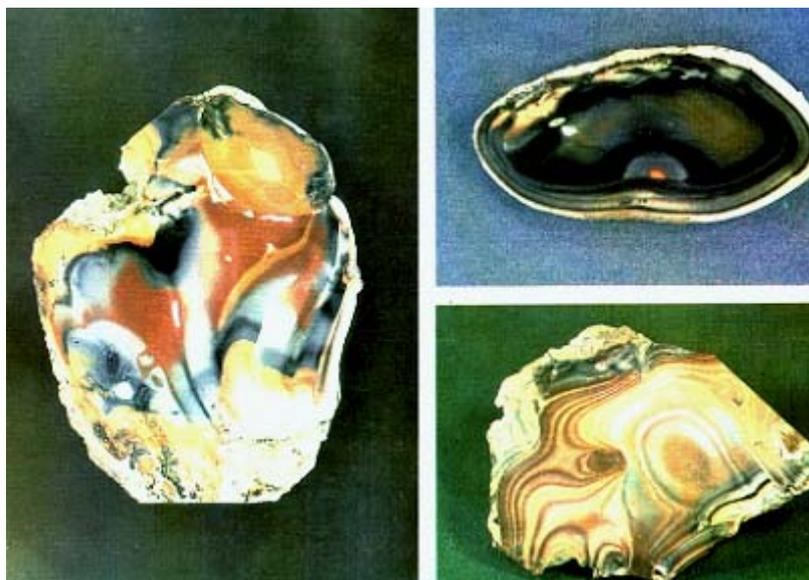
«Показывают мне самые разнообразные предметы: прозрачный шар, сверкающий на солнце чистотой холодной ключевой воды, красивый, пестрого рисунка агат, яркой игры многоцветный опал, чистый песок на берегу моря, тонкую, как шелковинка, нитку из плавленого кварца или жароупорную посуду из него, красиво ограненные груды горного хрусталя, таинственный рисунок фантастической яшмы, окаменелое дерево, превращенное в камень, грубо обработанный наконечник стрелы древнего человека... все это одно и то же химическое соединение элементов кремния и кислорода» (А.Е.Ферсман).

К этой группе относятся породы, состоящие полностью или более чем на 50% из свободного или водного кремнезёма. Породообразующими минералами являются опал, халцедон и кварц. Они зале-

гают в виде пластов, прослоев, конкреций и конкреционных образований, иногда образуют натски, корки и т.п.

***Кремень*** (рис. 192 - 194) (греч. "кремнос" - скала, утес, или лат. "cretae" – сжигать)

*Структура.* Кристаллическая, скрытокристаллическая и аморфная.  
*Текстура.* Плотная, массивная.



**Рис. 192** Кремень.

<http://grigam.wallst.ru/images/kamni/kremen.htm>

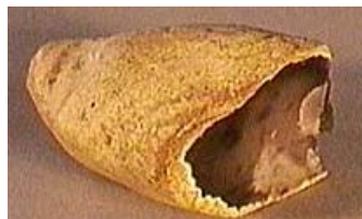
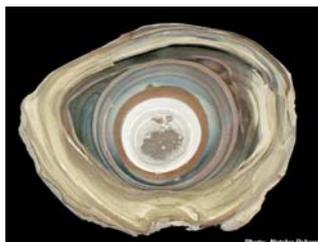
*Состав.* По составу различают кремень халцедоно-кварцевый, кварцевый, халцедоновый и опало-халцедоновый. Почти во всех кремнях находят много остатков организмов, чаще микроскопических (фораминиферы и т. п.), иногда и более значительных размеров (раковины, кости позвоночных животных и т. д.).

*Цвет.* От желто-серого до черного.

*Условия образования.* Образуется при диагенезе осадков, катагенезе горных пород и при выветривании. Встречается в большинстве случаев в известковых горных породах, типичной является белая корка выветривания. Форма кремней очень разнообразна: это округлые, пальцевидные, пластинчатые и другой формы конкреции, часто имеющие наросты, отверстия и пустоты, заполненные мелкими кристалликами кварца. Форма конкреций очень разнообразная, иногда причудливая, размеры до 60 см и более.

*Применение.* В каменном веке служил основным материалом для изготовления различных инструментов. Из него делали каменные топоры, острые наконечники для стрел и копий; женщины племени кремниевыми ножами выделывали шкуры и резали мясо убитых охотниками животных, а первобытные художники кремниевым «зубилом» выбивали на прибрежных скалах свои картины. Долгое вре-

мя кремнь использовался для высекания искр в огнестрельном оружии. В наше время используется как технический камень для изготовления ступок, пестиков, шлифовальных шкур и т.д.; при строительстве дорог; для изготовления огнеупорных изделий и кварцевых стекол. После температурного обжига кремни белеют, сильно разрыхляясь. Они применяются при получении фаянсовых масс, глазурей, эмалей. При красивой яркой окраске и декоративности рисунка кремни могут использоваться как материал для ювелирных изделий (запонок, сережек, брошек, кулонов и браслетов) или декоративных предметов. Поделочные кремни встречаются в виде конкреций, реже пластовых тел в осадочных толщах. Имеются утверждения о целебных свойствах кремня. Распространено мнение, что кремнь в воде подавляет бактерии гниения и брожения, выводит в осадок погибшую болезнетворную микрофлору и соединения растворенных в воде тяжелых металлов: цинка, свинца, кадмия, железа, ртути, нейтрализует хлор, нитратные и др. соединения. Кремневой водой пытаются ле-



**Рис. 193** Кремнь.

<http://www.fmm.ru/vitriny/podmosk.htm>

**Рис. 194** Кремнь.

<http://www.planetas.ru/pop.php?im=9335&class=clop&HPSESSID=26d380e65f24ed901a493ecace7469ab>

чить гипертонию, язвы, ожоги, мочекаменную болезнь, воспалительные процессы мочеполовой и желудочно-кишечной систем, анемии, алкогольной зависимостью, фурункулы, пищевые отравления и др. При использовании воды, настоянной на кремне, по оценкам некоторых специалистов уменьшается кокковая флора в пораженных тканях, быстро заживляются раны.

*Диагностика.* Твердость 6-7, раковистый излом.

*Разновидности.* Кремнь рисунчатый - кремнь пестрой окраски с концентрически-зональным или полосчатым рисунком или однотонный ярко окрашенный. Окраска обычно светло-серая или черная с серыми пятнами, но известны розоватые, желтые, темно-голубые, бледно-фиолетовые, красноватые и бурые разновидности.

### **Кремнистый туф** (рис.195)

*Структура.* Кристаллическая.



**Рис. 195** *Гейзерит.*  
<http://www.ecotours.ru/english/reserves/nat-kam-kro.htm>

*Текстура.* Массивная, слоистая, натеки, корки.

*Состав.* Опал.

*Цвет.* Окраска (бурая, зеленоватая, красная, жёлтая и др.) зависит от различных минеральных примесей (главным образом водных окислов железа, а также от присутствия органических веществ).

*Условия образования.* Являются отложениями минеральных источников, преимущественно горячих. Характерен для отложений гейзеров и др. источников вулканических областей (гейзерит). Месторождения: Камчатка, Исландия, о-ва Новая Зеландия, Йеллоустонский Парк (шт. Вайоминг) в США.

*Применение.* Не имеет.

*Диагностика.* Форма нахождения.

*Разновидности.* Гейзериты – образуются из гейзеров.

## А л ю м и н и с т ы е п о р о д ы .

Эти породы представляют собой смесь переменного количества различных минералов – гидроокислов алюминия: гидраргиллита (гиббсита), диаспора, бёмита и алюмогеля. Содержание окислов алюминия колеблется в широких пределах, составляя преимущественно 30—50 % (в пересчете на безводный  $Al_2O_3$ ). Значительное место в алюминистых породах занимают примеси, среди которых основными являются окислы железа (10—30, иногда до 50%), шамотит, аморфная кремнекислота, каолинит, карбонаты кальция и магния, а также обломочные минералы — кварц, полевые шпаты, мусковит, рутил и некоторые другие, менее распространенные.

Одними из главнейших пород этой группы являются бокситы.

***Бокситы*** (франц. *bauxite*, по названию местности Ле-Бо (*Les Baux*) на юге Франции, где они впервые были обнаружены) (рис.196, 197).

*Структура.* Структуры бокситов разнообразны — встречаются оолитовая, пелитоморфная, афанитовая, конкреционная и др.

*Текстура.* Землистая, пористая, кавернозная.

*Состав.* Гидроокислы алюминия: гидраргиллит, диаспор, бёмит. Их суммарное содержание может достигать 70-80%. Основной химический компонент бокситов — глинозём ( $Al_2O_3$ ). Постоянная составная часть — окись железа ( $Fe_2O_3$ ). Примеси: кремнезём ( $SiO_2$ ),

двуокись титана ( $\text{TiO}_2$ ), окись кальция ( $\text{CaO}$ ), окись магния ( $\text{MgO}$ ), окись марганца ( $\text{MnO}$ ), пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и др.

*Цвет.* Имеют преимущественно коричневатую-красную, розовато-красную, оранжево-красную окраску, но встречаются разности светло-серые, белые и даже черные. Окраска определяется составом и количеством примесей.

*Условия образования.* Происхождение этих пород изучено недостаточно. Считают возможным их образование в результате переотложения латеритной коры выветривания, а также вследствие коа-



**Рис. 196** Боксит.

<http://www.kemerovo.su/Kuzbass/polezn.asp?n=5>



**Рис. 197** Боксит.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_sed\\_bauxite.jpg](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sed_bauxite.jpg)

гуляции и осаждения гелей глинозема, принесенных с суши или являющихся продуктами подводной вулканической деятельности, имеются и другие представления. В платформенных условиях бокситы приурочены к континентальным озерно-болотным отложениям, а в геосинклинальных — к прибрежно-морским. Залегают они или в виде пластов протяженностью до нескольких километров или образуют сравнительно небольшие линзы.

*Применение.* Бокситы являются рудами алюминия. Их используют также для получения абразивов, огнеупоров, некоторых видов цемента и в качестве химического сырья. Месторождения бокситов широко известны на севере европейской части СССР — в Ленинградской (Тихвинская группа месторождений) и Архангельской областях, на Урале (Красная Шапочка и др.), в Кустанайской области, в Восточных Саянах и других районах.

*Диагностика.* Цвет, форма нахождения.

*Разновидности.* Диаспоровые бокситы образуются при погружении бокситовых отложений, вследствие чего происходит их дегидратация и главным минералом становится моногидрат диаспор.

## Железистые породы.

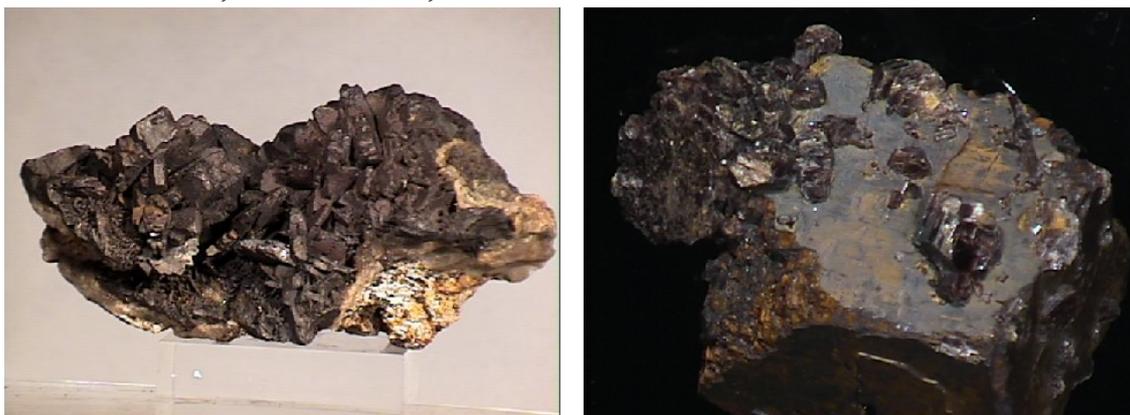
В группу железистых пород объединяют природные образования, отличающиеся высоким содержанием железа в виде окислов (лимонит, гематит и др.), карбонатов закиси (сидерит), сульфидов (пирит, марказит), лептохлоритов (шамозит). Помимо минералов железа в породах нередко отмечаются значительные количества кремнезема (до 30—40%), глинозема (до 25%), а также марганец, титан, магний, кальций, ванадий, фосфор и некоторые другие элементы.

Главнейшими представителями пород этой группы являются бурые железняки, сидериты (см. группу карбонатов), шамозит.

### ***Бурый железняк*** (рис.198)

*Структура.* Нередко оолитовая или бобовая, конкреции. Внешне пористые, кавернозные.

*Текстура.* Плотная, массивная. Наблюдается в виде рыхлых, землистых масс, сталактиты, натёки



**Рис. 198** Бурый железняк.

[http://mineral.galleries.com/minerals/by\\_name.htm](http://mineral.galleries.com/minerals/by_name.htm)

*Состав.* Природная смесь гидроокислов железа (гётита  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , лимонита  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и др.)

*Цвет.* Окраска пород бурая, красновато-бурая, оранжево-желтая.

*Условия образования.* Образование бурого железняка связано с процессами окисления в поверхностной зоне земной коры. Встречается также в качестве природного железистого цемента, связующего зерна минералов в осадочных породах, особенно в песчаниках. Железо, растворенное в морской воде при ее испарении или при участии железобактерий, отлагается в виде пластов осадочных лимонитов – оолитовых бурых железняков. Железобактерии распространены также в торфяных болотах. Если водотоки, дренирующие территории, где в изобилии присутствуют окислен-

ные минералы железа, выпадают в болото, происходит накопление лимонитовой болотной руды.

*Применение.* Осадочный бурый железняк слагает болотные или озерные руды. Широко используются в металлургической промышленности. Охра используется как краска. Наиболее крупные месторождения бурых железняков: осадочные (морские, речные, озёрные, болотные) и коры выветривания ультраосновных пород. Крупнейшие в мире осадочные месторождения оолитовых бурых железняков: Западно-Сибирский бассейн, Лисаковское, Аятское, Керченское (СССР), Лотарингское (Франция). Месторождения природно-легированных бурых железняков коры выветривания ультраосновных пород (с примесями никеля, хрома и кобальта), служащих сырьём для выплавки хромоникелевых чугунов и сталей, известны на Урале (Халиловское, Серовское и др.), на Кубе (Маяри), в Новой Каледонии.

*Диагностика.* Бурый цвет, форма нахождения.

*Разновидности.* Б у р ы й ж е л е з н я к в о л о к н и с т ы й — имеет блестящую черную поверхность. Б у р ы й ж е л е з н я к п л о т н ы й — образует сплошные плотные массы, неблестящий, цвет ржаво-бурый. Б у р ы й ж е л е з н я к о о л и т о в ы й — сложен мелкими округлыми зёрнами размером с горошину. Это так называемая бобовая руда. О х р а — имеет светло-бурый цвет, желтую черту и землистый облик.

### ***О р г а н о г е н н ы е п о р о д ы .***

Эти породы образуются главным образом из продуктов жизнедеятельности организмов, как животного, так и растительного происхождения. Важнейшими породами растительного происхождения являются торф, ископаемые угли, нефть, асфальт, озокерит, а также горючие сланцы. Основным материалом для образования осадочных пород животного происхождения, являются раковины, оболочки или наружные скелеты морских, реже пресноводных животных, постепенно накапливающиеся на дне морей и озёр. Среди пород этой группы следует отметить органогенные известняки, мел, доломит, диатомит и др.

Структура органогенных осадочных пород – органогенная, текстура главным образом массивная, слоистая.

### ***К а р б о н а т н ы е п о р о д ы***

***Органогенный известняк*** (рис. 199, 200)

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Кальцит  $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ , небольшие примеси кремнезема, глинозема и углекислого магния, органическое вещество. Органические остатки скреплены кальцитовым цементом пелитоморфной или микрозернистой структуры.



**Рис.199** Известняк органический.

<http://svetlf.narod.ru/page4.htm>



**Рис. 200**

Известняк-ракушняк.

<http://www.2kamnya.ru/info.php3?id=43>

*Цвет.* Беловатая, желтоватая, сероватая, иногда красноватая. В присутствии большого количества органических веществ известняки приобретают бурую и даже черную окраску.

*Условия образования.* Образуется из скоплений раковин моллюсков, обломков скелетов и оболочек инфузорий и других мелких морских животных или построек коралловых полипов, обычно сильно измененных процессами диагенеза и превращенных в плотную, иногда мелкозернистую породу.

*Применение.* С древности люди получали из известняка известь, строительные камни, известковые растворы. Известняк идет на изготовление цемента, железобетона и пенобетона. Интересно, что известняк используют при изготовлении сахара, тканей, зубного порошка, красок, стекла. Обычно известняк добывают в карьерах, т.к. он чаще встречается в залежах неглубоко от поверхности. Иногда его добывают в штольнях, глубоких горизонтальных коридоров, уходящих в глубину в склонах гор.

*Диагностика.* Обломок породы активно разлагается в холодной соляной кислоте (при этом наблюдается шипение) полностью без остатка.

*Разновидности.* В зависимости от сохранности обломков выделяют: б и о м о р ф н ы е - хорошая сохранность органических остатков. По размеру компонентов они могут быть различными в зависимости от организмов — от очень крупных (кораллы) до мельчайших (диатомеи); д е т р и т у с о в ы е (детритовые) - порода сложена обломками скелетов организмов. В свою очередь среди пород этой группы различают к р у п н о д е т р и т у с о в ы е породы, ко-

торые слагаются не окатанными обломками, часто хорошо заметными простым глазом и легко определяемыми под микроскопом и мелкодетритусовые, которые слагаются мельчайшими обломками организмов, неразличимыми простым глазом и в большей части не определяемыми под микроскопом в шлифе. Органогенно-обломочный известняк отличается тем, что обломки раковин большей частью хорошо окатаны и почти одинаковой величины.

**Мел** (рис. 201-203).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Землистая.

*Состав.* Мелкие частицы порошкового кальцита, раковин фораминифер и одноклеточных морских водорослей с известковым панцирем

*Цвет.* Белая, реже сероватая, желтоватая или зеленоватая.

*Условия образования.* Образуется путем осаждения на дне морей.



**Рис. 201** *Обнажение мела.*

<http://herba.msu.ru/shipunov/e-album/original/ea-chalk.jpg>



**Рис. 202** *Мел.*

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_sed\\_chalk.jpg](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sed_chalk.jpg)



**Рис. 203** *Мел.*

<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/SedRx/Rocks/chalk1.html>

*Применение.* Молотый мел используется в малярном деле для побелки стен, а отмученный мел – в резиновой и бумажной промышленности. Применяется при производстве цемента.

*Диагностика.* Землистый излом, реакция с HCl.

*Разновидности.* Нет.

**Доломит органогенный** (рис. 204).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Органические остатки, сложенные доломитом и сцементированы пелитоморфным или зернистым доломитом. В цементе может присутствовать в небольших количествах кальцит. Известны доломиты с остатками кораллов, брахиопод, мшанок, пелеципод и т. д.



**Рис. 204** Доломит.

[http://mineral.galleries.com/minerals/by\\_name.htm](http://mineral.galleries.com/minerals/by_name.htm)

*Цвет.* Обычно белый, кремовый или серый.

*Условия образования.* Образуются при доломитизации карбонатных осадков или эпигенетическом замещении известняков.

*Применение.* До настоящего времени основными областями применения доломита являлось дорожное и жилищное строительство (доломит как наполнитель для асфальтобетонного покрытия и основа шлакоблоков для низкоэтажного строительства). Кроме того, доломитовая мука традици-

онно используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения для известкования почв. Внесение в почву известняковых удобрений устраняет ее избыточную кислотность, вредную для многих сельскохозяйственных культур. Исследования, проводимые в Пензенской области, показали, что доломит можно также использовать при стекловарении.

*Диагностика.* В отличие от известняка реагирует с соляной кислотой в порошке. Характерно наличие раковистого излома. Шершавый на ощупь.

*Разновидности.* Водорослевые доломиты состоят из крупных караваеобразных тел — биогерм, мелких округлых — шарообразных тел, которые почти нацело сложены водорослями (сине-зелеными и зелеными, концентрирующими в своем теле карбонат магния). Тела водорослей сложены пелитоморфным доломитом. Цементов мало, состоит он из доломита. Водорослевые (биогермные) доломиты отличаются высокой пористостью и кавернозностью.

Известны также водорослевые доломиты с разорванными и переотложенными водорослями. Они отличаются тонкой горизонтальной и

горизонтально-волнистой слоистостью и значительно большей плотностью. Водорослевые доломиты широко развиты в пермских отложениях (Донбасс, Приуралье, Северная Америка), в кембросилуре (Сибирская платформа) и др.

## К р е м н и с т ы е п о р о д ы

Кремнистые породы получили широкое распространение в осадках мирового океана и на материковых платформах, преимущественно в высоких широтах Северного и Южного полушарий; они сохранили также значительное развитие в геосинклиналях. В современную эпоху морские воды недонасыщены кремнезёмом и хемогенное осаждение кремнистых пород не происходит; накапливаются только органогенные кремнистые породы.

**Диатомит** (от позднелат. *Diatomeae* — диатомовые водоросли) (рис. 205, 206)

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Массивная, слоистая.

*Состав.* Скорлупки диатомовых водорослей, сцементированные опалом. В виде примесей содержит глинистые частицы, зерна глауконита, спикулы губок и т.д.

*Цвет.* Белый, светло-серый или желтый.

*Условия образования.* Диатомиты образуются из диатомового ила, накопившегося на дне морей и озер. Иногда они слагают достаточно крупные залежи. Благодаря высокой растворимости скелетов диатомовых водорослей легко переходит в трепел и опоку. Известны месторождения диатомита на Дальнем Востоке, восточном склоне Урала, в Среднем Поволжье.



**Рис. 205** Микрофотография частиц диатомита (x500).

[http://www.sugarindustry.ru/what/encyclopaedia/5\\_6/5\\_6.shtml#показать%20увеличенный%20рисунок](http://www.sugarindustry.ru/what/encyclopaedia/5_6/5_6.shtml#показать%20увеличенный%20рисунок)



**Рис. 206** Диатомит.

<http://www.diatomit.ru>

*Применение.* Продукция на основе диатомита используется в пищевой промышленности (фильтры для очистки воды, пива, масел, со-

ков, вина), стройиндустрии (наполнители для красок, шпаклевок, цемента), медицине и экологии (бактерицидные фильтры, улавливатели радиоактивных веществ, очистка сточных вод); высококачественный флюс в металлургии; сырье для производства жидкого стекла и оптического волокна; сырье при производстве огнеупорных и теплозащитных конструкций и др.

*Диагностика.* Это легкая пористая, мягкая на ощупь порода. Прилипает к языку, благодаря высокой пористости и большой удельной поверхности. В отличие от мела не реагирует с HCl.

*Разновидности.* Нет.

## К а у с т о б и о л и т ы

(греч. *kaustós* - горючий, *bios* - жизнь и *lithos* - камень), горючие ископаемые органического происхождения. В эту группу входят горючие органогенные породы, представленные в виде твердых тел (ископаемые угли и горючие сланцы), жидких (нефть) и газообразных (естественные газы). Характерной особенностью каустобиолитов является их горючесть, что обусловлено большим содержанием в них свободного углерода или смесей углеводородов.

Эти породы образовались в результате жизнедеятельности организмов, как растительных, так и животных.

Подразделяются на группы: угольного (торф, ископаемый уголь, горючие сланцы), нефтяного и нафтоидного рядов (нефть, асфальт и др.).

**Торф** (нем. *Torf* - горючее полезное ископаемое) (рис. 207 - 209).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Однородная, иногда слоистая.



**Рис. 207** Торф.

<http://www.elemeks.ru/torf/t1.htm>



**Рис. 208** Разработка торфа.

<http://www.fkrm.ru/torf.htm>

*Состав.* Торф имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений и степенью их разложения. Элементный состав торфа: углерод 50-60%, водород 5-6,5%, кислород 30-40%, азот 1-3%, сера 0,1-1,5% (иногда 2,5) на горючую массу. В компонентном составе органической мас-



**Рис. 209** Торф.

<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/SedRx/Rocks/peat.html>

сы содержание водорастворимых веществ 1-5%, битумов 2-10%, легкогидролизующих соединений 20-40%, целлюлозы 4-10%, гуминовых кислот 15-50%, лизинга 5-20%. Химическим анализом в торфе обнаружены воски, смолы, жирные кислоты, углеводы, лигнин и продукты его превращения — гуминовые кислоты, остатки неразложившихся растений,

содержащих лигнин и целлюлозу. Обычно содержит терригенные примеси и минеральные новообразования (сидерит, вивианит и др.). Содержание углерода в органической массе без воды и золы — около 55—60%.

*Цвет.* Жёлтый или бурый до чёрного.

*Условия образования.* Торф образуется в болотах и торфяниках. Растительность болот (мхи, травы, древесные формы), отмирая, падает на дно, где в условиях затруднённого доступа кислорода при участии бактерий разлагается. Месторождения торфа многочисленны в странах с равнинным рельефом и умеренно-влажным и влажным тропическим климатом: Полесье, Колхида, побережье Атлантического океана вблизи Флориды, Индонезия и др.

*Применение.* Применяется как топливо, теплоизоляционный материал, удобрения.

*Диагностика.* Волокнистый, землистый, цвет.

*Разновидности.* Нет.

## **Ископаемый уголь**<sup>34</sup> (рис.210 - 215).

*Структура.* Органогенная.

<sup>34</sup> Различают *гумусовые угли* (бурые угли, каменные угли, антрациты), образовавшиеся в результате разложения высших континентальных растений, в которых исходным материалом является клетчатка (углеводы) и *сапропелевые угли* (бокхеды и кеннельские угли), возникшие в результате разложения низших растений (водорослей) и животных организмов.

*Текстура.* Массивная, слоистая и линзовидная.

*Состав.* Основными составными частями ископаемых углей являются: углерод, водород, кислород, азот, зола, иногда сера. Сера входит в состав пирита и марказита, которые могут присутствовать в углях, являясь вредными примесями.

*Цвет.* Различный в зависимости от степени обугливания.

*Условия образования.* Образуется из растительных остатков процессами гумификации и углефикации, т.е. в результате процессов диа-



**Рис. 210** Уголь.

<http://www.from-ua.com/hotline/40fea031c5471/>



**Рис. 211** Бурый уголь.

генеза и эпигенега остатков низших и высших растений. По физическим и химическим признакам, в порядке возрастания количества углерода, ископаемые гумусовые угли могут быть расположены в следующий ряд: бурый уголь – каменный уголь - антрацит. Встречается ископаемый уголь в виде вкраплений в осадочных горных породах, а также в виде пластов.

*Применение.* Горючее, фильтры, медицина, пищевая промышленность и др.

*Диагностика.* Обычно четко выражена слоистость, или полосчатость, которая обуславливает раскалывание угля на блоки или таблитчатые массы. Более подробно – см. разновидности.

*Разновидности.* Гумусовые угли. В зависимости от стадии изменения (степени обугливания) среди гумусовых углей различают бурые угли, каменный уголь и антрацит. Бурые угли тверже торфа, но менее плотны, чем обыкновенный каменный уголь.

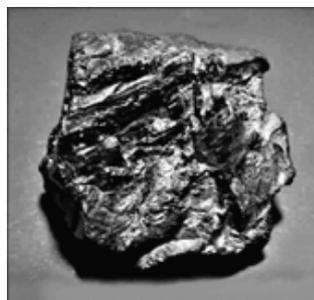
От торфа также отличается меньшим содержанием различных растительных остатков, от каменных углей - главным образом окраской бурых тонов (от кофейного и палевого до чёрного) (рис.211). Удельный вес бурых углей колеблется в пределах 0,8—1,8, что зависит от примесей глинистых и других неорганических веществ, обуславливающих зольность. В составе бурого угля различают: углерод - около 55-78%, водород - 4-6,5% и более, кислород 15-30%;. характерно наличие гуминовых кислот. Содержание летучих веществ колеблется от 65 до 40%. По генетическим признакам бурые угли делятся на плотные и землистые разновидности (лигнит<sup>35</sup>). В том случае, когда в буром угле заметны рас-

<sup>35</sup> Лигнит (от лат. lignum - дерево, древесина), ископаемая, слабообугленная древесина бурого цвета, сохранившая анатомическое строение тканей и по внешности сходная с неизменной

тительные остатки и сохраняется строение и наружный вид древесины, он называется **лигнитом** (рис.215). Бурые угли слагают как небольшие прослои, так и очень мощные пласты - до 100-120 м. Месторождения бурых углей известны в России, Германии, Польше, Индии, Чехословакии, на Украине и др. Используются как энергетическое топливо и химическое сырьё для получения жидкого топлива и различных синтетических веществ, газа и удобрений. В отличие от бурых углей, **каменные угли** (рис.212) окрашивают растворы едких щелочей только при кипячении, горит ярким пламенем, распространяя сильный дым и смолистый запах. Они представляют собой плотные, в большинстве случаев слоистые породы, окрашенные в черный цвет. Обладают жирным или смоляным блеском и оставляют на фарфоровой пластинке матовую черную



**Рис. 212** Каменный уголь.  
[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_sed\\_coal\\_04.jpg](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sed_coal_04.jpg)



**Рис. 214** Антрацит.  
<http://him.1september.ru/2004/13/20.htm>



**Рис. 213** Лигнит.



**Рис. 215** Антрацит.  
<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/SedRx/Rocks/Coalanth.html>

черту. В их состав входят: 75-97% и более углерода; 1,5-5,7% водорода; 1,5-15% кислорода; 0,5-4% серы; до 1,5% азота; 45-2% летучих веществ; количество влаги колеблется от 4 до 14%; золы - обычно от 2-4% до 45%. Месторождения каменного угля известны в Велико-

---

древесиной. Образуется при истлевании хвойных пальм, лиственных деревьев под водою без доступа воздуха.

британии, Северной Америке, Китае, Франции, Бельгии, Чехии, России. Его используют для получения светильного газа, металлургического кокса, топливо. **А н т р а ц и т ы** (рис.214, 215) характеризуются черным цветом, полуметаллическим блеском. На фарфоровой пластинке оставляют черную черту. Удельный вес антрацитов 1,4—1,8, твердость — около 3. С растворами щелочей не реагируют. В их составе 90-94% углерода, до 9% летучих веществ. Месторождения антрацита находятся в России, Украине, Пенсильвания, Род-Айленд, франц. Альпы, Валлис, Вестфалия, Силезия. Применяется как высококачественное энергетическое топливо и при производстве карбидов, электродов и др.

**Сапропелевые угли.** Среди этой группы углей выделяют **б о г х е д** (от шотландского местечка *Voghead*), разновидность сапропелевых углей, образовавшихся из водорослей в условиях застойного водоёма - озера или лагуны. Для них характерно высокое содержание водорода (8-12%), летучих веществ (75-90%) и большой выход первичной смолы (до 50%). Богхед обычно чернобурый, иногда оливкового цвета, имеет раковистый излом. Залегают линзовидными слоями, сравнительно ограниченно распространёнными. Месторождения известны в России, на Украине. Это ценное сырьё для получения искусственного жидкого топлива, смазочных веществ, ценной смолы, свободной от фенолов и асфальтенов; легко гидрируется, образуя масла, богатые циклическими углеводородами. **К е н н е л ь** (англ. *cannel coal, cannel*, от искажённого *candle - свеча*) разновидность сапропелевого ископаемого угля. В состав входит водород (6-9%), углерод. Цвет черный с сероватым или слегка бурым оттенком; имеет тусклый шелковистый блеск. Загорается от спички. Залегают в пластах гумусовых углей в виде прослоев и линз. Месторождения: Россия, Украина. Значительная плотность и вязкость кеннеля позволяют применять его как отделочный материал для художественных и бытовых изделий.

**Нефть** (мидийск. *нафат*, перс. *нефт*, греч. *parphtha* - полезное ископаемое; горючая маслянистая жидкость) (рис. 216, 217)



**Рис. 216 Нефть.**  
<http://region.urfo.org/pict/promyshl/neft/oil-t.jpg>

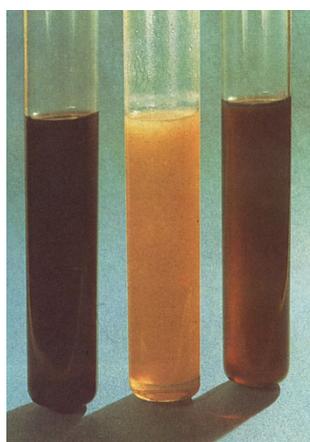
**Структура.** Органогенная.

**Текстура.** Жидкость.

**Состав.** По химическому составу нефть представляет собой смесь углеводородов; обычно имеется преобладающая группа углеводородов одного строения, а именно— или метанового (парафинового) или нафтенового ряда; в меньших количествах встречаются в нефти некоторых сортов также

углеводороды бензольного ряда или, еще реже, других рядов. Кроме углеводородов, в состав нефти входят также органические кислородные, сернистые, азотистые соединения и некоторые неорганические примеси. В состав нефти входят те же элементы, что и в угли, т.е. С, Н, О, N, но в иных соотношениях. Основными составными частями нефти являются С и Н. В среднем элементарный состав нефти можно считать следующим: С - 86%, Н -13%, на долю остальных элементов приходится около 1%. Иногда имеется небольшой процент серы, которая придает нефти особый запах. Кроме серы, в ничтожных количествах в нефти также найдены: хлор, иод, фосфор, мышьяк, калий, натрий, кальций, магний.

*Цвет.* В зависимости от состава нефть бывает окрашена в различные цвета: чаще всего - в красновато-коричневый, темно коричневый и грязный зеленовато-серый, в редких случаях нефть имеет желтый, зеленый и, еще реже, в белый цвет (бесцветная нефть). Светлые сорта нефти - легкие, темные - тяжелые.



**Рис. 217**  
*Образцы нефти.*

*Условия образования.* Нефть обычно содержится в залежах<sup>36</sup> в пористых осадочных породах (известняках, песчаниках и др.). Известны ее промышленные скопления и в трещиноватых магматических и метаморфических породах (месторождение Белый Тигр во Вьетнаме, где нефть добывается из гранитов). Существует две крайние точки зрения – это органическая и неорганическая<sup>37</sup>. Однако в настоящее время, в свете геодинамических воззрений, ряд ученых считает, что нефть имеет смешанный (микстгенетический) генезис (В.П.Гаврилов).

*Применение.* Используют издавна (с 6-го тыс. до н. э.). Путем перегонки из нефти получают бензин, реактивное топливо, осветительный керосин, дизельное топливо, мазут. Месторождения нефти известны во всем мире. Около 63% всех запасов нефти сосредоточено на Среднем и Ближнем Востоке. Саудовская Аравия, Кувейт, Ирак,

<sup>36</sup> Залежь – естественное локальное единичное скопление нефти и газа в проницаемых, пористых или трещиноватых коллекторах (породах, которые могут содержать в себе углеводороды и отдавать их в процессе разработки). Для формирования залежи необходимо также наличие породы-покрышки, своеобразного экрана, не позволяющего углеводородам мигрировать по разрезу, и способствующей их аккумуляции в коллекторах.

<sup>37</sup> М. В. Ломоносов является основоположником гипотезы органического происхождения нефти, объясняя ее образование воздействием “подземного огня” на “окаменелые уголья”, в результате чего, по его мнению, образовывались асфальты, нефти и “каменные масла”. Согласно гипотезе неорганического происхождения нефти, высказанной Д.И.Менделеевым, нефть образовалась на больших глубинах при высокой температуре вследствие взаимодействия воды с карбидами металлов.

Объединенные Арабские Эмираты и Иран являются странами, где находятся крупнейшие доказанные извлекаемые запасы.

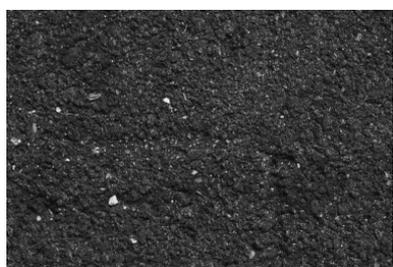
*Диагностика.* На воде образует переливающуюся (иризирующую) пленку, горит, имеет запах бензина, керосина, иногда эфира или камфоры.

*Разновидности.* Различают легкую ( $0,65-0,87 \text{ г/см}^3$ ), среднюю ( $0,871-0,910 \text{ г/см}^3$ ) и тяжелую ( $0,910-1,05 \text{ г/см}^3$ ) нефть. Нефть классифицируют по содержанию S на малосернистые (до 0,5% S), сернистые (0,5-2% S) и высокосернистые (более 2% S).

### **Асфальт** (греч. *asphaltos* - горная смола) (рис.218).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Массивная.



**Рис. 218**

*Искусственный асфальт.*

*Состав.* 80% углерода, 10% водорода и 10% кислорода.

*Цвет.* Коричнево-черный, черный.

*Условия образования.* Продукт окисления нафтенной нефти. Залегаёт в форме жил. Месторождения: РФ, Италия, Англия и др.

*Применение.* Изготовление лаков, асфальтирование дорог.

*Диагностика.* Легкий, мягкий, плавится в пламени свечи, имеет запах битума.

*Разновидности.* Нет.

### **Озокерит** (горный воск) (нем. *Ozokerit*, от греч. *ozo* - пахнуть и *keros* - воск) (рис. 219).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* 84% углерода, 16% водорода. Содержит парафин, минеральные масла, смолы и другие вещества. В нем имеются спороносные микроорганизмы, термотолерантная озокеритовая палочка, микробы-антагонисты, которые обладают антибиотическими свойствами.



**Рис. 219** *Озокерит.*

<http://ognevcenter.11.com1.ru/articles.php?st=ozokerit.htm&rid=0cf4b7cc6f64b45216943ecf36e2ccce>

*Цвет.* От светло-желтого, зеленовато-коричневатого до черного.

*Условия образования.* Образуется при охлаждении парафиновой нефти путем кристаллизации высокомолекулярных углеводородов. Залегаёт пластами, иногда за-

полняет трещины в породах (песчаниках). Месторождения: РФ, Украина и др.

*Применение.* Используется для изготовления искусственного воска (церезина), пропитки тканей (брезента), в медицинских целях и др.

*Диагностика.* Жирный на ощупь, легко плавится. Напоминает воск, в мелких кусочках мнется в руках. Он пахнет нефтью и керосином.

*Разновидности.* Очищенный озокерит называется **ц е р е з и - т о м**.

### **Горючие (битуминозные) сланцы** (рис.220).

*Структура.* Органогенная.

*Текстура.* Сланцеватая, тонкослоистая.

*Состав.* Содержат до 60% битуминозного вещества, органического вещества (10-50% по массе) и минеральной (глинистой, кремнистой и др.) части. Часто поверхность сланцев усеяна отпечатками различных ископаемых.

*Цвет.* Бурого, коричневого до черного.



**Рис. 220** Горючие сланцы.  
<http://pokrovsk.info/allnews/?id=6169>

*Условия образования.* Разложение органического вещества в условиях наиболее затрудненного доступа кислорода, одновременно с отложением тонких илов.

*Применение.* При переработке горючих сланцев получают смолу, горючие газы и подсмольные воды. Горючие сланцы используют как топливо, продукты их переработки - как топливо, сырье для химической промышленности и про-

мышленности стройматериалов; твердые отходы добычи, обогащения и переработки - сырье для промышленности стройматериалов. Горючие сланцы с высоким содержанием металлов - рудное сырье. Главные месторождения: в США, Бразилии, Китае, Эстонии, России и др.

*Диагностика.* При поднесении огня к сухому образцу, он загорается коптящим пламенем и начинает тлеть с выделением густого дыма, сопровождаемым сильным запахом битума.

*Разновидности.* Нет.

## *О с а д о ч н ы е г о р н ы е п о р о д ы с м е ш а н н о г о г е н е з и с а .*

Породы этой группы формировались под действием не одного, а нескольких процессов. Структура пород – пелитоморфная. Текстура – массивная.

**Трепел** (нем. *Tripel*, от названия города *Tripoli* — Триполи в Северной Африке),

*Структура.* Пелитоморфная

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Сложен преимущественно мелкими сферическими опаловыми, иногда халцедоновыми тельцами (глобулями) размером 0,01—0,02 мм. Обычно в небольшом количестве содержит глинистое вещество, зёрна глауконита, частицы слюды, кварца, полевых шпатов. Химический состав (в % масс.): кремнезем - 65-91, глинозем - 3,0-12,0, окись железа - 0,8-6,0, окись кальция - 0,9-3,5, окись магния - 0,5-2,5.

*Цвет.* Цвет от белого и сероватого до бурого, красного и чёрного.

*Условия образования.* Происхождение, вероятно, биохимическое. Залежи трепела известны среди морских отложений мела, реже — среди палеогеновых и каменноугольных.

*Применение.* Трепел применяется как изоляционный, фильтровальный, абразивный, строительный материал, а также используется в качестве поглотителя, катализатора, наполнителя, адсорбента.

*Диагностика.* Тонкопористая порода, рыхлая или слабо сцементированная, очень лёгкая. По физико-химическим свойствам трепел аналогичен диатомиту, но содержит мало или почти лишён органических остатков. От мергеля отличается тем, что не реагирует с HCl.

*Разновидности.* Нет.

**Опока** (нем. *Tripel*, от названия города *Tripoli* — Триполи в Северной Африке) (рис. 221).

*Структура.* Пелитоморфная

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Состоит в основном из микрозернистого водного аморфного кремнезёма (до 97%) обычно с примесью глины, песка, глауконита и др.; присутствуют плохо сохранившиеся остатки диатомей и спикулы губок.

*Цвет.* От светло-серого до тёмно-серого, почти чёрного.



**Рис. 221** *Опока.*  
<http://www.diatomit.ru/opoka.html>

*Условия образования.* Происхождение, вероятно, биохимическое.

*Применение.* Опока применяется как изоляционный, фильтровальный, абразивный, строительный материал, а также используется в качестве поглотителя, катализатора, наполнителя, адсорбента.

*Диагностика.* Опоки более твердые и темные, чем диатомиты и трепелы. Опока характеризуется большой однородностью и раковистым изломом. От мергеля отличается тем, что не реагирует с HCl.

*Разновидности.* Нет.

***Мергель*** (нем. *Mergel*, от лат. *marga*) (рис. 222).

*Структура.* Пелитоморфная

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Содержит от 50 до 80% кальцита или доломита и от 50 до 20% глинистого материала.

*Цвет.* В большинстве случаев серый, желтый, коричневый.



**Рис. 222** Мергель.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_sedimentary.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_sedimentary.htm)

*Условия образования.* По происхождению они являются морскими или озерными осадками. Образовался при участии химического и обломочного осадконакопления.

*Применение.* Мергели применяются в цементном производстве, в сельском хозяйстве. Они встречаются повсеместно среди карбонатных и глинистых пород, применяют для известкования почв с повышенной кислотностью - подзолистых, серых лесных и др., обычно в р-нах раз-

работок.

*Диагностика.* Реагируют с HCl, липнут к языку.

Данные об описанных выше осадочных породах для наглядности сведены в единую таблицу (табл. 7).

Таблица 7

## Сводная таблица основных типов осадочных пород.

№		1.	2.	3.	4.
Название		<b>Глыба</b>	<b>Валун</b>	<b>Щебень</b>	<b>Галька</b>
Структура	Обломочные осадочные горные породы	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки окатаны.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.
Текстура		Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.
Состав		Различный. Могут быть полиминеральными, либо мономинеральными.	Различный. Могут быть полиминеральными, либо мономинеральными.	Различный. Могут быть полиминеральными, либо мономинеральными.	Различный. Могут быть полиминеральными, либо мономинеральными. Могут присутствовать как более крупные, так и более мелкие обломки пород.
Цвет		Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.
Условия образования		Продукт физического выветривания. Встречаются в горных районах. Образуются при крупных землетрясениях, сопровождающихся обвалами.	Образуются под действием физического выветривания, в результате деятельности ледников, селевых потоков и горных рек, или в результате приобоя. По своему происхождению могут быть речными, озерными, морскими, ледниковыми.	Образуются под действием физического выветривания поблизости от источника осадочного материала в результате обвалов, осыпей, оползней как на суше, так и под водой, карстообразования, деятельности ледников, селевых потоков и других геологических процессов.	Образуются под действием физического выветривания. По генезису подразделяются на прибрежно-морские, речные, временных потоков, ледниковые и эоловые.
Применение		Создание декоративных ландшафтов.	Создание декоративных ландшафтов.	Строительный материал.	Строительный материал.
Диагностика		Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Размер обломков >100 мм. Порода рыхлая, обломки окатаны.	Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Размер обломков 10-100 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.
Разновидности		Нет	Нет	Нет	Нет.

Продолжение табл. 7

№		5.	6.	7.	8.
Название		<b>Галечник</b>	<b>Дресва</b>	<b>Гравий</b>	<b>Брекчия</b>
Структура		Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 100-10 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки угловатые.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки окатанные. Порода рыхлая.	Псефитовая (грубообломочная). Размер обломков 2 – 100 мм - брекчия; более 100 мм – глыбовая брекчия. Обломки угловатые, сцементированы.
Текстура		Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.
Состав		Состоит из галек, промежутки между которыми могут быть ничем не выполнены (чистый галечник) или заполнены мелкообломочным материалом (песчаным, алевроитовым).	Остроугольные обломки пород, реже минералов.	Окатанные обломки пород, реже минералов.	Обломки пород, реже минералов самого различного размера. Цемент: Песчано-глинистый, известково-глинистый, известковый, кремнистый, железистый, фосфатный и др.
Цвет		Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава обломков.
Условия образования		По генезису подразделяются на прибрежно-морские, речные, временных потоков, ледниковые и озовые.	Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.	Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.	Образуется в результате обвалов, осыпей, оползней, как на суше, так и под водой, карстообразования, деятельности ледников, селевых потоков и других геологических процессов. Встречаются редко.
Применение		Строительные работы, декоративный ландшафт.	Используется при производстве керамических изделий, при изготовлении посуды, что придавало керамике прочность и предотвращало растрескивание.	Дорожные работы.	Строительство, ландшафтные работы.
Диагностика		Размер обломков 100-10 мм. Порода рыхлая, обломки угловатые.	Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки угловатые.	Размер обломков 2 – 10 мм. Обломки окатанные. Порода рыхлая.	Размер обломков. Обломки угловатые, сцементированы.
Разновидности		Нет.	Нет.	Нет.	Размер обломков 2 – 100 мм - брекчия; более 100 мм – глыбовая брекчия.

Обломочные осадочные горные породы

Продолжение табл. 7

№		9.	10.	11.	12.
Название		<b>Конгломерат</b>	<b>Песок</b>	<b>Песчаник</b>	<b>Алеврит</b>
Структура		Псефитовая (грубообломочная). Обломки окатаны, сцементированы.	Псаммитовая (песчаная). Порода рыхлая.	Псаммитовая (песчаная). Порода сцементирована.	Алевритовая (пылеватая). Порода рыхлая.
Текстура		Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.
Состав		Сцементированный галечник и гравий. Состав гальки и цемента может быть различный. Цемент: Песчано-глинистый, известково-глинистый, известковый, кремнистый, железистый, фосфатный и др.	Кварц, полевые шпаты, слюды, глауконит, магнетит, ильменит, гранат, циркон, турмалин, рутил. примеси органического вещества.	Кварц, полевые шпаты, слюды, глауконит, магнетит, ильменит, гранат, циркон, турмалин, рутил. примеси органического вещества. Цемент: глинистый, известковый, кремнистый, железистый и др.	Глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит и др.), слюда, кварц, глауконит, полевые шпаты. По составу также выделяют мономинеральные, олигомиктовые и полиминеральные.
Цвет		Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от примесей.	Различный, в зависимости от примесей.	Различный, в зависимости от примесей.
Условия образования		Различают морские, речные, предгорные и моренные ледниковые отложения. Имеют более широкое по сравнению с брекчиями распространение.	По своему происхождению пески могут быть речными, морскими, озерными, флювиогляциальными.	По своему происхождению могут быть речными (аллювиальные), морскими, озерными, флювиогляциальными.	Образуются в морях, озерах, в речных долинах, на склонах (делювий) и золовым путем.
Применение		Строительство, ландшафтные работы. Железистые конгломераты иногда образуют крупные железорудные месторождения. Большое значение имеют также золотоносные конгломераты (Южная Африка).	Строительство. Применяются при производстве стекла, фарфора, фаянса, в литейном деле, при мощении дорог.	Строительство, производство зеленой краски, для смягчения воды (как адсорбент в фильтрах), для удобрения полей (калийные удобрения), аллювий содержит россыпные месторождения	Лёсс широко используется при изготовлении самана и кирпича. Супесь применяется в качестве сырья при производстве строительной керамики.
Диагностика		Размер обломков, обломки окатаны, сцементированы.	Размер обломков, рыхлая порода.	Размер обломков, порода сцементирована.	Размер обломков. Порода рыхлая.
Разновидности		Размер обломков 2 – 10 мм – <i>гравийный конгломерат</i> , 10-100 мм – <i>галечный конгломерат</i> ; более 100 мм – <i>валунный конгломерат</i> .	Размер обломков: 0,1 – 0,25 мм – <i>мелкозернистый песок</i> ; 0,25 – 0,5 мм – <i>среднезернистый песок</i> ; 0,5 – 2 мм – <i>крупнозернистый песок</i> .	<i>Аркозовый</i> песчаник – состоит из кварца, полевых шпатов и слюды. <i>Граувакк</i> – темноокрашенный, состоит из зерен различных минералов и обломков осадочных, изверженных и метаморфических пород. По размеру – аналогично пескам.	<i>Лёсс</i> - состоит из частиц диаметром 0,05 – 0,005 мм (до 60-95%). <i>Суглинок</i> - рыхлая порода, содержащая 10-30% (по весу) глинистых частиц (размером менее 0,005 мм). <i>Супесь</i> - алевритовая порода, состоящая из алевритовых (30 - 50%) и пелитовых (0 - 25%) частиц.

Обломочные осадочные горные породы

Продолжение табл. 7

№	13.	14.	15.	16.
Название	<b>Алевролит</b>	<b>Глина</b>	<b>Аргиллит</b>	<b>Хемогенный известняк</b>
Структура	Алевритовая (пылеватая). Порода сцементированная.	Пелитовая. Размер обломков менее 0,01 мм.	Пелитовая. Размер обломков менее 0,01 мм.	Кристаллическая.
Текстура	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная
Состав	Глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит и др.), слюда, кварц, глауконит, полевые шпаты. Цемент известковый, кремнистый, железистый, хлоритовый, фосфатный и сульфатный.	Глинистые минералы, примеси кварца, халцедона, опала, серицита и гидроокислов железа, полевые шпаты, кальцит, доломит, гипс, рутил, турмалин, роговая обманка, глауконит и др.	Глинистые минералы, кварц, слюда, полевые шпаты, иногда глауконит, карбонаты, опал, халцедон, окислы железа. Многие аргиллиты обогащены органическим веществом.	Состоит не менее чем на 95 % из кальцита $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Примесью могут быть глинистый материал, а также разные минералы (графит, лимонит, гематит и др.) и органическое вещество.
Цвет	Различный: серый, темно-серый, бурый, красный, зеленовато-серый и др.	Различный в зависимости от примесей.	Серый, темно-серый, зеленовато-серый, бурый, коричневый, реже красный.	От чисто белого до черного (в зависимости от примеси).
Условия образования	Образуются в результате геологической деятельности ледников, горных потоков, карстовых процессов и др.	При выветривании полевых шпатов, нефелина, слюд.	Образуется в результате уплотнения, обезвоживания и цементации глин.	Образуется из водных растворов в карстовых областях.
Применение	Камень для мощения дороги и строительство зданий	Для производства огнеупорных материалов, фарфора, керамики, кормовых добавок, для производства санитарно-технических изделий и плиток для внутренней облицовки стен и др.	Используются для производства высококачественного кирпича и другой стеновой керамики (Донецкая, Луганская области России). В Японии и США из аргиллитов изготавливают керамику.	Изготовление цемента, железобетона и пенобетона; сахара, тканей, зубного порошка, красок, стекла и др.
Диагностика	Алевритовая структура. Порода сцементированная.	Пелитовая структура.	Пелитовая структура. Размер обломков менее 0,01 мм.	Обломок породы активно разлагается в холодной соляной кислоте (при этом наблюдается шипение) полностью без остатка.
Разновидности	Размер обломков: 0,01 - 0,025 мм – мелкозернистый; 0,025 - 0,05 мм – среднезернистый; 0,05 – 0,1 мм – крупнозернистый.	Каолинитовая монтмориллонитовая глины	Нет.	Оолитовый известняк – см. дальше.

Обломочные осадочные горные породы

Хемогенные осадочные горные породы  
Карбонатные

Продолжение табл. 7

№		17.	18.	19.	20.
Название		<b>Известковый туф</b>	<b>Оолитовый известняк</b>	<b>Доломит</b>	<b>Сидерит</b>
Структура		Крупнозернистая.	Оолитовая.	Кристаллическая.	Кристаллическая.
Текстура		Массивная, пористая	Массивная	Массивная, реже слоистая.	Массивная.
Состав		Кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Часто содержит отпечатки растений и различные органические остатки.	Кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ . Иногда встречаются остатки фауны. В центральной части оолита может находиться зерно любого состава и формы.	Состоит из доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , примесь кальцита и глинистого материала, иногда гипса, целестина, флюорита, опала.	Состоит из сидерита $\text{Fe}[\text{CO}_3]$ (62,01% FeO и 37,99% $\text{CO}_2$ ). В виде изоморфных примесей в состав сидерита часто входят Mn и Mg, замещающие железо, реже Ca, иногда Co и Zn.
Цвет		Белый, желтоватый, сероватый.	Различный, в зависимости от примесей.	Обычно белый, кремовый или серый.	Желтовато-белый, серый, зеленовато-серый, при выветривании становится бурым.
Условия образования		Образуется в результате осаждения карбоната кальция из горячих и холодных источников.	Образуются в условиях движущейся воды, путем постепенного осаждения слоев микрозернистого осадка, а также уже после выпадения, в условиях диагенеза.	Выпадают в осадок в лагунах, морских заливах в условиях жаркого засушливого климата, когда испарение преобладает над поступлением пресных вод.	Образуется при гидротермальных процессах, также может быть седиментогенного (инфильтрационного и осадочного) и метаморфизованного происхождения.
Применение		Используется как флюс, строительный материал, облицовочный и декоративный камень, а также для производства цемента и для обжигания извести.	Строительство.	Дорожное и жилищное строительство, сельское хозяйство.	Руда на железо.
Диагностика		Реакция с HCl.	Реакция с HCl.	Реагирует с HCl в порошке, наличие раковистого излома, шершавый на ощупь.	Интенсивно растворяется в подогретой соляной кислоте.
Разновидности		<i>Травертин</i> – плотная порода, имеющая кристаллическое строение	<i>Пизолитовые</i> известняки - сложены образованиями типа оолитов, но значительно более крупных (до 5 мм и более). <i>Псевдооолиты</i> – маленькие сферические образования без центрального ядра.	<i>Пелитоморфные</i> доломиты — плотные, однородные породы с пелитоморфной структурой. <i>Оолитовые</i> – состоят оолитов, сцементированных пелитоморфным и зернистым доломитом.	Нет.

Хемогенные осадочные горные породы  
Карбонатные

Продолжение табл. 7

№	21.	22.	23.	24.
Название	<b>Каменная соль</b>	<b>Сильвинит</b>	<b>Гипс</b>	<b>Ангидрит</b>
Структура	Кристаллическая.	Кристаллическая.	Кристаллическая.	Кристаллическая.
Текстура	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая.	Массивная, слоистая. Агрегаты плотные, зернистые, листоватые, волокнистые (селенит).	Массивная. Встречается в виде волокнистых, зернистых и плотных агрегатов.
Состав	Галит NaCl (99%); карбонаты, ангидрит, аутигенный кварц, глинистые и (реже) калийные минералы.	Сильвин KCl (15-40%) и галит NaCl (25-60%); примеси Br, реже I; глинистый материал, сульфаты кальция, окись железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , пузырьки газа (N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , He и др.) и др.	Гипс Ca[SO <sub>4</sub> ] $\cdot$ 2H <sub>2</sub> O	Ангидрит CaSO <sub>4</sub> . Содержит небольшое количество каменной соли
Цвет	Изменяется от белой, голубой, розовой и красной до черной в зависимости от различных примесей.	Белый, красноватобурый, красный с пятнами синего и белого цвета.	Различный, в зависимости от количества и состава примесей.	Цвет различный, светлый с разными оттенками (часто слегка голубоватый или сероватый).
Условия образования	Образуется при экзогенных процессах в бассейнах аридных зон, в процессе вулканической деятельности, как продукт выветривания хлорсодержащих минералов и др.	Отлагается в осадочных соленосных толщах вместе с галитом, карналлитом, образуя иногда крупные толщи промышленных месторождений калийных солей. Встречается также в возгонах вулканов.	Типичный морской химический осадок; в зоне выветривания сульфидов и самородной серы, может образовываться при гидратации ангидрита	Осаждался из морской воды, встречается в соляных месторождениях (Спишска-Нова-Вес в ЧССР, Величка и Бохня в ПНР, Стаффурт в ГДР и др.).
Применение	Используется для получения соляной кислоты, хлора и всех натриевых солей, применяют в керамике, мыловарении, пищевой промышленности, металлургии, медицине	Прозрачные кристаллы (искусственные) применяются в оптических системах спектрографов и других приборах.	Применяется в архитектуре, в медицине, цементной и бумажной промышленности, при производстве поргладцемента, для ваения статуй и в качестве удобрения, для поделок.	Используется в качестве поделочного камня, как удобрение, в химической промышленности для производства серной кислоты. Голубоватый ангидрит полируется и применяется вместо мрамора в Италии.
Диагностика	Соленый вкус, легко растворима в воде.	Легко растворим в воде; на вкус — жгучий, горьковатосолёный.	Твёрдость 2 по шкале Мооса, чертится ногтем	Цвет, в отличие от гипса более твердый (не царапается ногтем).
Разновидности	Нет.	Нет.	Белая просвечивающая разновидность гипса называется <i>алебастром</i> . Волокнистая разновидность гипса — <i>селенит</i> .	Нет.

Хемогенные осадочные горные породы  
Г а л о г е н н ы е п о р о д ы .

Продолжение табл. 7

№		25.		26.	27.
Название	<i>Хемогенные осадочные горные породы Фосфориты.</i>	<b>Фосфорит</b>	<i>Хемогенные осадочные горные породы Кремнистые породы.</i>	<b>Кремень</b>	<b>Кремнистый туф</b>
Структура		Кристаллическая.		Кристаллическая, скрытокристаллическая, аморфная.	Кристаллическая
Текстура		Массивная, слоистая.		Плотная, массивная.	Массивная, слоистая, натечки, корки.
Состав		Минералы группы апатита, органическое вещество, карбонаты Ca, Mg и Fe, глинистые минералы, пирит, гидрокислы железа, кварц, аутигенные опал, халцедон, глауконит и др.		Опал, халцедон, много остатков организмов	Опал.
Цвет		Обычно темная, серая, коричневатосерая, зеленоватосерая. Чистые фосфориты имеют белый цвет.		От желто-серого до черного.	Различная в зависимости от примесей.
Условия образования		Могут быть как морского, так и континентального генезиса.		Образуется при диагенезе осадков, катагенезе горных пород и при выветривании.	Являются отложениями минеральных источников, преимущественно горячих.
Применение		Для приготовления фосфорных удобрений; из них попутно извлекается ряд редких элементов		Технический камень; при строительстве дорог; для изготовления огнеупорных изделий и кварцевых стекол, могут использоваться как материал для ювелирных изделий и др.	Не имеет.
Диагностика		Для четкой диагностики проводят качественную реакцию на фосфор.		Твердость 6-7, раковистый излом.	Натечная форма.
Разновидности		Нет.		<i>Кремень рисунчатый</i> - кремень пестрой окраски с концентрически-зональным или полосчатым рисунком или однотонный ярко окрашенный.	<i>Гейзериты</i> – образуются из гейзеров.

№	28.	29.	30.
Название	<b>Боксит</b>	<b>Бурый железняк</b>	<b>Органогенный известняк</b>
Структура	Оолитовая, Пелитоморфная, афанитовая, конкреционная и др.	Нередко оолитовая или бобовая. Внешне пористые, кавернозные.	Органогенная.
Текстура	Землистая, пористая, кавернозная.	Плотная, массивная.	Массивная.
Состав	глинозём (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), окись железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), примеси: кремнезём (SiO <sub>2</sub> ), двуокись титана (TiO <sub>2</sub> ), окись кальция (CaO), окись магния (MgO), окись марганца (MnO), пятиокись фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) и др.	Природная смесь гидроокислов железа (гётита Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O, лимонита Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O и др.)	Кальцит Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , примеси кремнезема, глинозема и углекислого магния, органическое вещество, цемент кальцитовый пелитоморфной или микрозернистой структуры.
Цвет	коричневато-красный, розовато-красный, оранжево-красный, но встречаются разности светло-серые, белые и даже черные.	Окраска пород бурая, красновато-бурая, оранжево-желтая.	Беловатая, желтоватая, сероватая, иногда красноватая. В присутствии большого количества органических веществ известняки приобретают бурую и даже черную окраску.
Условия образования	в результате перетложения коры выветривания, а также вследствие коагуляции и осаждения гелей глинозема и др.	Образование бурого железняка связано с процессами окисления в поверхностной зоне земной коры.	Образуется из скоплений раковин моллюсков, обломков скелетов и других мелких морских животных или построек коралловых полипов.
Применение	Бокситы являются рудами алюминия.	В металлургической промышленности, краска и др.	Изготовление цемента, железо бетона и пенобетона; сахара, тканей, зубного порошка, красок, стекла и др.
Диагностика	Цвет, форма нахождения.	Бурый цвет, форма нахождения.	Реакция с HCl в куске.
Разновидности	<i>Диаспоровые бокситы</i> - главный минерал моногидрат диаспор.	<i>Волокнистый</i> — имеет блестящую черную поверхность. <i>Плотный</i> — образует сплошные плотные массы, неблестящий, цвет ржаво-бурый. <i>Оолитовый</i> — сложен оолитами. <i>Охра</i> - имеет светло-бурый цвет, желтую черту и землистый облик.	<i>Ракушняк</i> – наиболее полно сохранились створки раковин моллюсков и гастропод. <i>Коралловый известняк</i> – образовался из построек кораллов. <i>Фузулиновый известняк</i> – состоит из крупных раковин корненожек фузулин. <i>Нуммулитовый известняк</i> образуется из нуммулитов.

Хемогенные осадочные горные породы  
Алюминистые породы.

Хемогенные осадочные горные породы  
Железистые породы.

Органогенные осадочные горные породы  
Карбонатные породы

Продолжение табл. 7

№		31.	32.		33.
Название		<b>Мел</b>	<b>Доломит ор- ганогенный</b>		<b>Диатомит</b>
Структура		Органогенная.	Органогенная.		Органогенная.
Текстура		Землистая.	Массивная, слоистая.		Массивная, слоистая.
Состав		Мелкие частицы порошкового кальцита, раковин фораминифер и одноклеточных морских водорослей с известковым панцирем.	Органические остатки, сложенные доломитом и цементированы пелитоморфным или зернистым доломитом. В цементе может присутствовать в небольших количествах кальцит.		Скорлупки диатомовых водорослей, сцементированные опалом. В виде примесей содержит глинистые частицы, зерна глауконита, спикулы губок и т.д.
Цвет		Белый, реже сероватый, желтоватый или зеленоватый.	Обычно белый, кремовый или серый.		Белый, светло-серый или желтый.
Условия образования		Образуется путем осаждения на дне морей.	Образуются при доломитизации карбонатных осадков или эпигенетическом замещении известняков.		Образуются из диатомового ила, накопившегося на дне морей и озер.
Применение	<b>Органогенные осадочные горные породы Карбонатные породы</b>	Молотый мел используется в малярном деле для побелки стен, а отмученный мел – в резиновой и бумажной промышленности. Применяется при производстве цемента.	Дорожное и жилищное строительство, в сельском хозяйстве в качестве удобрения для известкования почв.	<b>Органогенные осадочные горные породы Кремнистые породы</b>	Используется в пищевой промышленности, строительной, медицине и экологии; высококачественный флюс в металлургии; сырье для производства жидкого стекла и оптического волокна; сырье при производстве огнеупорных и теплозащитных конструкций и др.
Диагностика		Землистый излом, реакция с HCl.	Реагирует с HCl в порошке. Характерно наличие раковистого излома. Шершавый на ощупь.		Прилипает к языку, не реагирует с HCl.
Разновидности		Нет.	<i>Водорослевые доломиты</i> состоят из биогерм, которые почти нацело сложены водорослями (сине-зелеными и зелеными).		Нет.

№	34.	35.	36.
Название	<b>Торф</b>	<b>Ископаемый уголь</b>	<b>Нефть</b>
Структура	Органогенная.	Органогенная.	Органогенная.
Текстура	Однородная, иногда слоистая.	Массивная, слоистая и линзовидная.	Жидкость.
Состав	углерод 50-60%, водород 5-6,5%, кислород 30-40%, азот 1-3%, сера 0,1-1,5%	Углерод, водород, кислород, азот, зола, иногда сера.	Углеводороды, органические кислородные, сернистые, азотистые соединения и некоторые неорганические примеси.
Цвет	Жёлтый или бурый до чёрного.	Различный в зависимости от степени обугливания.	В зависимости от состава нефть бывает окрашена в различные цвета
Условия образования	Образуется в болотах и торфяниках.	Образуется из растительных остатков процессами гумификации и углефикации, т.е. в результате процессов диагенеза и эпигенеза остатков низших и высших растений.	Вопрос генезиса нефти остается спорным. Существуют гипотезы об органическом, неорганическом и микстгенетическом (смешанном) происхождении нефти. Содержится в залежах.
Применение	Применяется как топливо, теплоизоляционный материал, удобрения.	Горючее, фильтры, медицина, пищевая промышленность и др.	из нефти получают бензин, реактивное топливо, осветительный керосин, дизельное топливо, мазут
Диагностика	Волокнистый, землистый, цвет.	Четко выражена слоистость, или полосчатость, цвет для разновидностей, горючесть	Горит, имеет запах бензина, керосина, иногда эфира или камфоры.
Разновидности	Нет.	<i>Гумусовые угли:</i> зависимости от стадии изменения различают бурые угли, каменный уголь и антрацит. <i>Сапропелевые угли:</i> Среди этой группы углей выделяют бог-хед и кеннель	Различают легкую (0,65-0,87 г/см <sup>3</sup> ), среднюю (0,871-0,910 г/см <sup>3</sup> ) и тяжелую (0,910-1,05 г/см <sup>3</sup> ) нефть. Нефть классифицируют по содержанию S на малосернистые (до 0,5% S), сернистые (0,5-2% S) и высокосернистые (более 2% S).

Органогенные осадочные горные породы  
Каустоболиты

Продолжение табл. 7

№		37.	38.	39.
Название	<b>Органогенные осадочные горные породы</b> <b>Каустолиты</b>	<b>Асфальт</b>	<b>Озокерит</b>	<b>Горючие сланцы</b>
Структура		Органогенная.	Органогенная.	Органогенная.
Текстура		Массивная.	Массивная.	Сланцеватая, тонкослоистая.
Состав		80% углерода, 10% водорода и 10% кислорода.	84% углерода, 16% водорода. Содержит парафин, минеральные масла, смолы и другие вещества.	Содержат до 60% битуминозного вещества, органического вещества (10-50% по массе) и минеральной (глинистой, кремнистой и др.) части.
Цвет		Коричнево-черный, черный.	От светло-желтого, зеленовато-коричневатого до черного.	Бурого, коричневого до черного.
Условия образования		Продукт окисления нафтенной нефти. Залегают в форме жил.	Образуется при охлаждении парафиновой нефти путем кристаллизации высокомолекулярных углеводородов.	Разложение органического вещества в условиях наиболее затрудненного доступа кислорода, одновременно с отложением тонких илов.
Применение		Изготовление лаков, асфальтирование дорог.	Используется для изготовления искусственного воска (церезина), пропитки тканей (брезента), в медицинских целях и др.	Горючие сланцы используют как топливо, продукты их переработки - как топливо, сырье для химической промышленности и промышленности строительных материалов; твердые отходы добычи, обогащения и переработки - сырье для промышленности строительных материалов.
Диагностика		Легкий, мягкий, плавится в пламени свечи, имеет запах битума.	Жирный на ощупь, легко плавится. Напоминает воск, в мелких кусочках мнется в руках. Он пахнет нефтью и керосином.	. При поднесении огня к сухому образцу, он загорается коптящим пламенем и начинает тлеть с выделением густого дыма, сопровождаемым сильным запахом битума.
Разновидности		Нет.	Очищенный озокерит называется <i>церезитом</i> .	Нет.

№		40.	41.	42.
Название		<b>Трепел</b>	<b>Опока</b>	<b>Мергель</b>
Структура		Пелитоморфная	Пелитоморфная	Пелитоморфная
Текстура		Массивная.	Массивная.	Массивная.
Состав		Сложен мелкими сферическими опаловыми, иногда халцедоновыми тельцами (глобулями), в небольшом количестве содержит глинистое вещество, зёрна глауконита, частицы слюды, кварца, полевых шпатов.	Состоит в основном из микрозернистого водного аморфного кремнезёма (до 97%) обычно с примесью глины, песка, глауконита и др.; присутствуют плохо сохранившиеся остатки диатомей и спикулы губок.	Содержит от 50 до 80% кальцита или доломита и от 50 до 20% глинистого материала.
Цвет		От белого и сероватого до бурого, красного и чёрного.	От светло-серого до тёмно-серого, почти чёрного.	В большинстве случаев серый, желтый, коричневый.
Условия образования		Органогенным и химическим путем.	Органогенным и химическим путем.	По происхождению они являются морскими или озерными осадками. Образовался при участии химического и обломочного осадконакопления.
Применение		Применяется как изоляционный, фильтровальный, абразивный, строительный материал, а также используется в качестве поглотителя, катализатора, наполнителя, адсорбента.	Применяется как изоляционный, фильтровальный, абразивный, строительный материал, а также используется в качестве поглотителя, катализатора, наполнителя, адсорбента.	Применяются в цементном производстве, в сельском хозяйстве.
Диагностика		Рыхлая или слабо сцементированная, очень лёгкая порода, не реагирует с HCl.	Опоки более твердые и темные, чем диатомиты и трепелы, характеризуется раковистым изломом. От мергеля отличается тем, что не реагирует с HCl.	Реагируют с HCl, липнут к языку.
Разновидности		Нет.	Нет.	Нет.

Осадочные горные породы смешанного генезиса

## МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ.

Метаморфические горные породы образуются в результате значительной переработки горных пород в глубинных зонах земной коры, куда они попадают вследствие проявления тектонических процессов.

Под метаморфизмом<sup>38</sup> (греч. *metamorphoómai* — *подвергаюсь превращению, преображаюсь*) понимают изменение и преобразование горных пород под влиянием различных эндогенных геологических процессов, вызывающих значительные изменения термодинамических условий (прежде всего температуры и давления). Все преобразования в горных породах при процессах метаморфизма происходят путем их изменения в твердом состоянии. Метаморфизму могут подвергаться горные породы любого происхождения – осадочные, магматические и ранее существовавшие метаморфические. Степень изменения первичных горных пород (степень метаморфизма) может быть самой различной – от незначительных преобразований до полного изменения состава и облика пород.

Метаморфические горные породы имеют широкое распространение, как по поверхности, так и в глубинах земной коры. Они развиты в пределах древних докембрийских щитов, в складчатых областях различного возраста, и, так же как и магматические образования, участвуют в строении платформенных территорий, слагая их кристаллическое основание или фундамент.

Метаморфические породы весьма разнообразны по минеральному составу и структуре, в них содержится ряд ценных полезных ископаемых, таких, как золото, уран, молибден, вольфрам, железо, драгоценные и технические камни, керамическое сырье. Различные гнейсы<sup>39</sup>, мраморы, сланцы являются прекрасным строительным и облицовочным материалом.

Характерные признаки метаморфических пород – кливаж и будинаж. К л и в а ж (франц. *clivage* - *расслаивание, расщепление*), трещиноватость пород, ориентированная перпендикулярно направлению давления. Трещины кливажа рассекают породу независимо от ее слоистости. Б у д и н а ж (франц. *boudinage*, от *boudin* - *валик, утолщение*) – это разделение пластов горных пород или жил на от-

<sup>38</sup> Термин «Метаморфизм горных пород» ввёл английский геолог Ч. Лайель в 1883.

<sup>39</sup> Сланцы и гнейсы, образовавшиеся в результате метаморфизма осадочных пород называются п а р а с л а н ц а м и и п а р а г н е й с а м и . Если же они образуются в результате метаморфизма магматических пород, то их называют о р т о с л а н ц а м и и о р т о г н е й с а м и .

дельные глыбы или линзы, вытянутые по направлению слоя или жилы, которые иногда связаны друг с другом тонкими шейками.

## ***Ф а к т о р ы м е т а м о р ф и з м а .***

Главными причинами, или факторами метаморфизма горных пород, являются температура, давление и химически активные вещества – растворы и летучие соединения.

**Т е м п е р а т у р а .** Процессы метаморфизма, по мнению большинства исследователей, совершаются в интервале температур от 250° – 300° до 800°C. Повышение температуры всего на 10°C вдвое увеличивает скорость химических реакций, а на 100°C - примерно в 1000 раз. В условиях земной коры повышение температуры вызывается двумя основными причинами:

1. погружением горных пород на большие глубины, что ведет к возрастанию температуры благодаря геотермическому градиенту (в среднем 1°C на 33 м);
2. тепловым воздействием магматических расплавов, внедряющихся в земную кору.

Повышение температуры также может вызываться поступлением глубинных флюидов, местным возрастанием внутреннего теплового потока и некоторыми другими причинами.

**Д а в л е н и е .** Различают давление всестороннее (гидростатическое) и боковое (одностороннее) или стресс.

*Всестороннее давление* является функцией глубины, и возрастание его обычно связано с погружением горных пород в глубь литосферы. Оно также повышает температуру плавления минералов.

*Боковое давление* возникает при интенсивных тектонических движениях дислокационного характера. Оно приводит к деформации, вызывает появление закономерностей пространственной ориентировки в горной породе. Так, например, пластинчатые минералы располагаются плоскостями спайности перпендикулярно к направлению давления, в результате чего формируются так называемые сланцевые текстуры горных пород.

**Х и м и ч е с к и а к т и в н ы е в е щ е с т в а** (вода, углекислота, водород, соединения хлора, серы и др.) являются катализаторами, облегчающими химические реакции между кристаллами, участвуют в образовании новых минералов, входя в их структуру и производя замещение старых минеральных ассоциаций новыми.

Существенная роль принадлежит фактору времени, ибо эти процессы весьма длительны и осуществляются в масштабах геологического времени.

Если же метаморфические преобразования сопровождаются значительным приносом и выносом вещества, происходит замещение одних минеральных ассоциаций другими, изменяется химический состав горных пород. Такой метаморфизм называется *метасоматическим*.

## ***Т и п ы м е т а м о р ф и з м а .***

По преобладающей роли тех или иных факторов метаморфизма, а также в зависимости от масштабов явлений в пространстве выделяют региональный и локальный метаморфизм. В пределах последнего выделяют контактовый и динамометаморфизм.

**Р е г и о н а л ь н ы й м е т а м о р ф и з м** является наиболее распространенным и важным видом метаморфизма, поскольку охватывает огромные площади или целые регионы. Он проявляется в условиях, когда отдельные участки земной коры испытывают длительное погружение, в результате чего горные породы перемещаются из верхних горизонтов земной коры в более глубокие. Обычно прогибание компенсируется осадконакоплением и в качестве главных факторов регионального метаморфизма, таким образом, выступает всестороннее давление и температура, постепенное повышение которой обусловлено геотермическим градиентом. Существенную роль также может играть односторонне боковое давление и химически активные вещества.

Региональный метаморфизм выражается в глубоких преобразованиях структуры и минерального состава горных пород в пределах обширных регионов в связи с развитием складчатости горных пород и орогенезом<sup>40</sup>. Односторонним давлением обуславливаются сланцевые и гнейсовые текстуры горных пород.

В глубинных зонах земной коры может проявляться особая стадия регионального метаморфизма, называемая *ультраметаморфизмом*. Расплавы, возникающие при ультраметаморфизме и имеющие обычно гранитный состав, проникают во вмещающие породы, понижают их, образуя своеобразные породы смешанного состава – *мигматиты*. Широко развиты мигматиты в пределах древних щитов – Балтийского, Украинского, Алданского.

Степень изменения пород при региональном метаморфизме находится в прямой зависимости от степени изменения термодинамических условий среды, главным критерием изменения которых является глубина протекания процесса.

---

<sup>40</sup> *Орогенез* (от греч. *óros* - гора и *генез* – происхождение, возникновение) - геологический термин, введённый американским геологом Г. Джильбертом в 1890 для обозначения совокупности интенсивных складчаторазрывных дислокаций и горообразования.

При региональном метаморфизме различают три стадии изменения горных пород.

Первая стадия – стадия низкой степени метаморфизма или *эпиметаморфизм*. Ей соответствуют слабые изменения пород, которые проходят при температуре около 500°C и давлении менее 500 МПа (5000 атм.). При этом механические процессы преобладают над химическими и в породах сохраняются водные минералы. В этих условиях незначительное давление обуславливает раскалывание горных пород и заполнение трещин минеральными растворами. На этой стадии глины преобразуются в глинистые сланцы, песчаники – в кварциты, известняки – в мраморы. Ей соответствует самая верхняя зона метаморфических изменений – *эпизона*.

Вторая стадия – стадия средней степени метаморфизма или *мезометаморфизм*. Ей соответствуют температура от 500°C до 1000°C и давление от 500 МПа до 1000 МПа (от 5000 до 10000 атм.). На этой стадии происходит потеря водными минералами химически связанной воды. В результате глинистые и кварцевые породы преобразуются в слюдяные сланцы и гнейсы, кислые породы – в гнейсы, основные – в амфиболиты (роговообманковые сланцы). Этой стадии соответствует зона, расположенная ниже эпизоны, которая называется *мезозона*.

Третья стадия – высокой степени метаморфизма или *катаметаморфизм*. Преобразования на этой стадии происходят при температуре более 1000°C и давлении более 1000 МПа (10000 атм.). Гидростатическое (всестороннее) давление преобладает над боковым, а химическое воздействие на горные породы – над химическим. В результате породы приобретают гнейсовую и массивную текстуру: слюдяной сланец преобразуется в гнейс, среднезернистый мрамор – в крупнозернистый, слюдястый кварцит – в кварцитовидный гнейс. Эти породы образуют глубинную зону, располагающуюся ниже мезозоны – *катазону*.

Таким образом, каждая зона метаморфизма характеризуется наличием определенных минеральных ассоциаций.

**К о н т а к т о в ы й м е т а м о р ф и з м** проявляется на контактах магматических расплавов, внедряющихся в земную кору, с вмещающими породами. Вблизи контакта образуется ореол метаморфических пород, который обычно захватывает как окружающее магматическое тело породы, так и краевые части самого магматического тела. Ширина зоны контактового изменения (контактового ореола) может изменяться от сантиметров до первых километров. Основными причинами изменения горных пород в зонах контактов являются высокая температура (550—900 °С), возрастающая благодаря тепловому воздействию магматических масс на вмещающие

породы, и химически активные газовые и жидкие растворы, выделяемые магматическими расплавами.

Процесс замещения одних минералов другими, протекающий при участии газовых и жидких растворов и сопровождающийся изменением химического состава минеральных образований называется метасоматозом, а разновидность метаморфизма – контактово–метасоматическим.

В зависимости от агрегатного состояния растворов различают пневматолитовый и гидротермальный контактово–метасоматический метаморфизм. Наиболее распространенным контактово–метасоматическими горными породами являются скарны и грейзены. Новообразование минералов под действием метасоматоза происходит на сравнительно больших расстояниях от магматического очага. Так, у батолита Инно (шт. Калифорния, США) первые новообразованные агрегаты хлорита и светлых слюд зафиксированы на расстоянии от него в 6 км.

Динамометаморфизм (катакластический, дислокационный метаморфизм) проявляется, главным образом, в верхних частях земной коры, в зонах развития тектонических движений дислокационного характера, в местах взаимодействия литосферных плит. Часто локализуется вдоль разрывных тектонических нарушений. Таким образом, основной причиной, вызывающей его, является одностороннее давление. При динамометаморфизме изменяются в основном структурно–текстурные особенности горных пород, зерна меняют свою ориентировку перпендикулярно направленному давлению, происходит и их дробление, а в более глубоких зонах в связи с повышением температуры механическое разрушение сменяется пластическими деформациями. В породах появляется полосчатость, заключающаяся в чередовании слоев различных по форме зерен и окраске минералов, возникает кристаллизационная сланцеватость. Формируются новые чешуйчатые минералы, такие как хлорит, биотит, мусковит, тальк и др. Образуются породы типа гнейсов, сланцев, амфиболитов.

Ориентированное сжатие может вызывать в породах деформацию, скалывание и дробление, а также скольжение минералов по плоскостям спайности. Такой динамометаморфизм, приводящий к механическому разрушению пород, получил название *катакластического*. Он возникает в случаях, когда ориентированное давление превышает предел прочности пород. В зонах катакластического метаморфизма возникают тектонические брекчии, представляющие собой связанную массу мелких остроугольных обломков, минеральных зерен - *меланж* (франц. *mélange* - смесь), или милониты.

## ***Структура метаморфических пород.***

Главнейшее отличие метаморфических пород от магматических и осадочных заключается в их минеральном составе, а также структурных и текстурных особенностях.

Метаморфические породы состоят лишь из минералов, устойчивых в условиях высоких температур и давления. К ним относятся большинство минералов магматических пород: кварц, альбит и другие плагиоклазы, калиевый полевой шпат (микроклин), слюды (мусковит и биотит), роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит, а также характерный минерал осадочных пород (кальцит). Кроме того, в метаморфических породах распространены минералы, типичные только для них: серицит, хлорит, актинолит, тальк, серпентин, гранат, графит и др.

В целом для метаморфических пород характерна сланцеватая и кристаллическая структуры. В случае *сланцеватой* структуры метаморфические породы имеют явно выраженную расслоенность, листоватость (сланцы, гнейсы). В случае *кристаллической* – кристаллическое строение (мрамор, кварцит и др.), причем особенно характерны листоватая, чешуйчатая, игольчатая и таблитчатая формы зерен, реже породы зернисто-кристаллические. Имеются также слабометаморфизованные *скрытокристаллические* и переходные разновидности, содержащие участки первичных пород некристаллического строения. Остаточные структуры первичных пород называются *реликтовыми*. По величине зерен различают крупнокристаллическую структуру (диаметр частиц более 1 мм), средне- (от 0,25 до 1 мм) и мелкокристаллическую (менее 0,25 мм).

## ***Текстура метаморфических пород.***

Текстурные особенности относятся к важнейшим отличительным признакам метаморфических пород. По взаимному расположению и типам зерен выделяются следующие текстуры:

– *массивная* – в случае прочного сложения породы при плотном, связанном соединении минеральных зерен (текстура породы может быть при этом также полосчатая, беспорядочная или гнейсовая);

– с л а н ц е в а т а я – с параллельным расположением чешуйчатых или таблитчатых минералов или удлинённых зерен (*рис. 223*);

– о ч к о в а я или л и н з о в и д н а я - с рассеянными в породе более крупными овальными зёрнами или агрегатами, обычно выделяющимися по цвету (*рис. 224*);

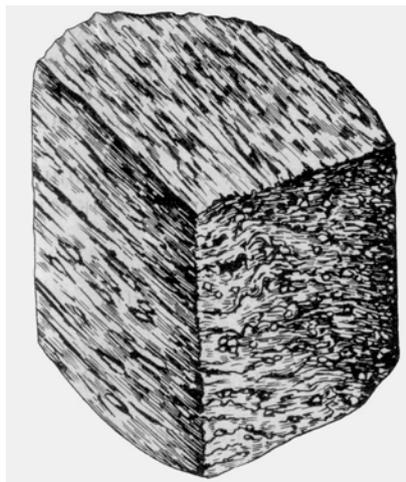
– г н е й с о в а я - с параллельным расположением таблитчатых минералов при малом содержании чешуйчатых частиц (*рис. 225*);

– п о л о с ч а т а я - с чередованием полос различной толщины и различного минерального состава;

– п л о й ч а т а я – в случае присутствия в породе очень мелких складок (*рис. 226*);

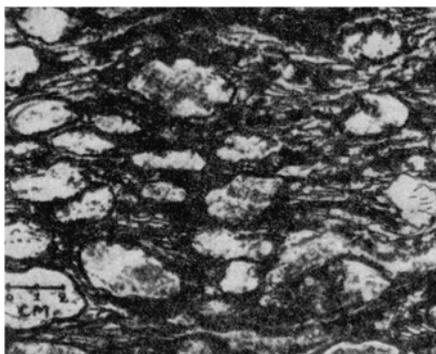
– в о л о к н и с т а я — с вытянутыми примерно в одном направлении волокнистыми и игольчатыми минералами;

– б е с п о р я д о ч н а я — с неориентированным расположением зёрен обычно округло-неправильной формы.



**Рис. 223** Сланцеватая текстура.

В.Н.Павлинов, 1988



**Рис. 224** Очковая текстура.

В.Н.Павлинов, 1988



**Рис. 225** Гнейсовая текстура.

В.Н.Павлинов, 1988



**Рис. 226** Плойчатая текстура.

В.Н.Павлинов, 1988

## *О т д е л ь н о с т ь .*

Метаморфические породы отличаются от магматических по формам отдельности. Вследствие развития сланцеватости в них часто сохраняется сходство с отдельностью осадочных слоистых пород, из которых они нередко и происходят. Часто в них наблюдается развитие кливажа, т.е. тонкой трещиноватости, отдельности, большей частью параллельной сланцеватости. Последняя возникает часто в плоскости кливажа, так как оба они являются следствием ориентировки минералов в направлении, перпендикулярном силам сдавливания, которому подвергаются горные породы при одностороннем давлении. Кроме кливажа возникают также и трещины отдельности, перпендикулярные простиранию и поверхностям кливажа, а также перпендикулярные кливажу и параллельные простиранию. Благодаря этому возникают параллелепипеды расколов как результат тектонических деформаций. Часто образуются и диагональные трещины отдельностей, не играющие той существенной роли, какую они имеют в массивных породах.

## *Ф о р м ы   з а л е г а н и я м е т а м о р ф и ч е с к и х   п о р о д*

В абсолютном большинстве случаев формы залегания метаморфических пород наследуются от исходных пород. Некоторым своеобразием отличаются формы залегания пород контактового метаморфизма. Обычно они окаймляют интрузивы магматических пород в виде зон, поясов, ореолов. Мощность таких зон может быть весьма различной – в зависимости от размеров тела изверженной породы и состава вмещающей породы, подвергшейся контактовому метаморфизму. Отличительны и формы залегания тех пород, которые изменились под действием тектонических сил. В зависимости от типа дислокации эти породы могут располагаться в виде полос или образовывать зоны, простирающиеся согласно тектоническим разломам.

Основные типы метаморфических пород приведены в таблице 8.

**Основные типы метаморфических пород.**

Классификация метаморфических горных пород. Название групп пород.		Примеры пород.
регионально-метаморфические	эпизоны	филлиты, хлоритовые, тальковые
	мезозоны	сланцевые сланцы, мраморы, кварциты, амфиболиты
	катазоны	гнейсы, кварциты, мраморы
	зоны ультраметаморфизма	мигматиты
контактово-метаморфические	собственно контактово-метаморфические	роговики
	контактово-метасоматические	скарны, грейзены
динамометаморфические		тектонические брекчии, милониты

**Описание основных типов метаморфических горных пород.**

**Породы регионального метаморфизма.**

**Глинистый сланец** (рис.227).

*Структура.* Скрытокристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая.



**Рис. 227** Глинистый сланец. Трещины выполнены медью.

<http://www.fmm.ru/specimens/vitr23/86678c1.htm>

*Состав.* Основой породы является глинистый материал, который может содержать мелкие зерна разных минералов (главным образом кварца) и органические вещества. Иногда содержится существенная примесь карбонатов (известковистый сланец, ранее называвшийся мергелистым сланцем).

*Цвет.* Серый, коричневый,

темно-серый до черного.

*Условия образования.* Исходная порода – глина. Глинистые сланцы возникли из разрушенных пород при перемещении и осаждении тонкозернистых частиц в седиментационных бассейнах. После осаждения материал частично перекристаллизовался при нормальной температуре, причем возникли новообразовавшиеся чешуйчатые глинистые минералы и серицит, которые расположились в параллельных плоскостях.

*Применение.* Большое значение имеют месторождения кровельных сланцев в районе Железни-Брода, в Низком Есенике и в Малых Карпатах. В ряде мест известны колчеданные и квасцовые сланцы. Раньше они использовались для производства серной кислоты и квасцов.

*Диагностика.* В отличие от филлитов не блестят.

*Разновидности.* Известковистый сланец (неправильно мергелистый сланец) — глинистый сланец с содержанием от 6 до 20 %  $\text{CaCO}_3$ . Кровельный сланец — имеет темно-серый цвет и слабый блеск на плоскостях расщипывания, отличается способностью раскалываться на тонкие, но крупные по размерам таблички. Хороший кровельный сланец не должен содержать пирита, кальцита и больших количеств органических веществ. Как правило, слабометаморфизован. Колчеданный сланец — имеет черный цвет и содержит значительные количества сохранившегося пирита в виде одиночных кристаллов, конкреций или плотных масс. Эти сланцы возникли в морской воде в восстановительной среде; иногда содержат примесь Ni, U, Au и Ag. Квасцовый сланец — первоначально колчеданный сланец, в котором пирит разложился и перешел в сульфаты.

***Филлит*** (от греч. *phýllon* – лист) (рис. 228).

*Структура.* Скрытокристаллическая.



**Рис. 228** Филлит.

[http://www.fegi.ru/FEGI/museum/expoz/ob25\\_6.htm](http://www.fegi.ru/FEGI/museum/expoz/ob25_6.htm)

*Текстура.* Сланцеватая.

*Состав.* Состоит, главным образом, из мелких чешуек серицита или хлорита. В составе филлитов присутствуют зёрна обломочного кварца, иногда – новообразованные кристаллы альбита, глинистые минералы.

*Цвет.* Обычно тёмно-серый или чёрный.

*Условия образования.* Исходная порода – глинистый сланец. Образуется при слабом региональ-

ном метаморфизме преимущественно глинистых осадков и связаны с ними постепенными переходами от собственно глинистых сланцев до слюдяных сланцев. Филлиты широко распространены во многих районах земного шара в составе древних толщ, особенно докембрийских, например, во Франции (Бретань и Арденны), Англии (Девон), США (Новая Англия и территория Аппалачей в пределах Канадского щита, включая часть Миннесоты и Мичигана, а также районы распространения древних пород на западе страны). В России филлиты в изобилии развиты в Восточной Сибири (на Сибирской платформе и в обрамляющих ее горных хребтах: Енисейском кряже, Восточном Саяне, Хамар-Дабане, Становом хребте и др.).

*Применение.* Некоторые из филлитов используются как кровельный материал.

*Диагностика.* Характерны шелковистый блеск на поверхностях сланцеватости (отличие от глинистого сланца) и способность раскалываться на тонкие плитки.

*Разновидности.* Нет.

### **Слюдяной (слюдистый) сланец** (рис. 229).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая.



**Рис. 229** Слюдяной сланец.  
<http://geo.web.ru/db/simg.html?mid=1159289&n=0>

*Состав.* Главными минералами породы являются кварц и слюда (чаще мусковит, чем биотит). Кроме них содержатся, как правило, в небольших количествах альбит или кислый олигоклаз, а иногда крупные зерна темных минералов (граната или ставролита), по которым и дается название сланцу.

*Цвет.* Окраска сланцев светлая, обусловленная присутствием мусковита, или же темная (при содержании в породе графита или биотита).

*Условия образования.* Исходная порода – глинистый сланец. Региональный метаморфизм.

*Применение.* Сланцы легко выветриваются и поэтому не пригодны для использования в качестве строительного камня; при разрушении сланцев возникают бедные почвы, отличающиеся высоким содержанием слюды.

*Диагностика.* Характерен серебристый или золотистый блеск на плоскостях сланцеватости, что связано с обилием мусковита и биотита.

*Разновидности.* Нет.

### **Кварцит** (рис.230).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Преобладающей составляющей является кварц, однако могут существенную роль играть и иные минералы, как, например, мусковит, хлорит, графит, пироксен, силлиманит, по присутствию которых кварциты и получают названия (графитовый, пироксеновый и т. д.).

*Цвет.* Различен в зависимости от цвета первичных неизмененных пород и цвета новообразованных минералов.

*Условия образования.* Исходная порода – кварцевый песчаник и песок. Региональный метаморфизм. Кварциты образовались при изменении песчаных осадков под воздействием давления, температуры, а так же перемещений.



**Рис. 230** Кварцит.  
<http://kamni.com.ru/kvarcit.htm>

*Применение.* Превосходный декоративный материал. Его использовали для украшения наиболее величественных зданий Санкт-Петербурга: ступени к алтарю и нижняя часть иконостаса Исаакиевского собора вытесаны из темно-красного кварцита. Из него же выполнена верхняя часть пьедестала памятника Николаю I, сделан фриз парадного фасада Инженерного замка. Кварцит использовали при строительстве мавзолея Ленина, из него сделан верхний портик. Им облицована могила Неизвестного солдата в Москве. В Киеве кварцит применяли при строительстве Софиевского Собора.

*Диагностика.* Массивная текстура, шершавый на ощупь.

*Разновидности.* Нет.

### **Гнейс** (нем . Gneis) (рис. 231).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная, полосчатая, плейчатая.

*Состав.* Состоит из кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза и цветных минералов (обычно слюд и/или амфиболов). При содер-

жании полевых шпатов менее 20% гнейс переходит в кристаллический сланец, в котором также более четко выражена сланцеватость. Если содержание плагиоклаза значительно выше, чем калиевого полевого шпата, гнейс называют **плагногнейсом**.

*Цвет.* Светло-серый, серый, темно-серый, желтоватый, коричневый, красноватый.

*Условия образования.* Гнейсы могут образовываться из кислых магматических пород (ортогнейсы) и из осадочных, обломочных полиминеральных (парагнейсы). Они широко развиты среди древних пород земной коры, особенно докембрийских. Наиболее распространенным типом гнейсов являются гранитогнейсы. Канадский, Украинский, Балтийский, Алданский и другие щиты – области, сложенные в значительной мере гнейсами. То же относится к фундаментам древних платформ, включая Восточно-Европейскую. Много гнейсов и в осевых зонах крупных горных хребтов, таких, как Скалистые горы, Аппалачи, Альпы, Урал, Кавказ, Саяны, Становой, Сихотэ-Алинь, Тянь-Шань и др.

*Применение.* Строительный материал, сырье для щебня.



**Рис. 231** Гнейс.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_metamorphic.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_metamorphic.htm)

*Диагностика.* От гранита отличается сланцеватостью.

*Разновидности.* Различают биотитовые, роговообманковые, пироксеновые и другие гнейсы. Гнейсы, образованные при метаморфизме осадочных пород, называются парагнейсами, продукты метаморфизма изверженных пород – ортогнейсами.

**Мрамор** (лат. *marmor*, от греч. *mármaros* - блестящий камень, каменная глыба) (рис.232).



**Рис. 232** Мрамор.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_metamorphic.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_metamorphic.htm)

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Кальцит, доломит; почти всегда содержатся примеси др. минералов (кварц, халцедон, гематит, пирит, лимонит, хлорит и др.), а также органические соединения.

*Цвет.* Окраска мрамора зависит от примесей. Большинство цветных разновидностей имеют пёструю окраску.

*Условия образования.* Образуется в процессе регионального метаморфизма, при перекристаллизации известковых осадков под влиянием давления и высокой температуры земной коры. Месторождения мрамора известны в Карелии, на Украине, Урале, в Закавказье, Средней Азии, Сибири, на Дальнем Востоке, в Италии (Каррарское, где добывается лучший мрамор для ваяния - белый, блестящий, легко поддающийся полировке, и др.) и Греции (Паросское, где добывается мрамор желтоватого оттенка, служивший материалом для древнегреческих скульпторов, и др.); имеются также месторождения мрамора на Кубе, во Франции, Норвегии, США и др.

*Применение.* Мрамор применяется с античности как конструкционный и облицовочный архитектурный материал благодаря своим пластическим и декоративным достоинствам. Мрамор используется также для создания мозаичных композиций (инкрустационный стиль, флорентийская мозаика), рельефов и круглых изваяний (преимущественно однотонные разновидности, большей частью белые, реже - цветные или чёрные). Также применяется для облицовки зданий.

*Диагностика.* Реагирует с HCl.

*Разновидности.* К наиболее известным мраморам относится к а р - р а р с к и й (Каррара в Италии) имеющий снежно-белый цвет, мрамор р у и н н ы й , который на отполированных плоскостях имеет коричневый рисунок (Флоренция в Италии); м р а м о р - н ы й о н и к с , просвечивающий в краях, плотный, имеющий светло-зеленый цвет (Мексика, Аргентина), светло-желтый (Пьемонт) или светло-серый (Трансильвания), и др.

### **Яшма** (араб.) (рис.233).

*Структура.* Скрытокристаллическая.

*Текстура.* Массивная, полосчатая.

*Состав.* Сложена халцедоном, кварцем и пигментирована примесями других минералов (гематита, гётита, гидроокислов марганца, хлорита, актинолита и др.).



*Цвет.* Преобладают различные оттенки красного, зелёного, жёлтого, серого цвета, реже - бурая, чёрная, белая и другие окраски.

*Условия образования.* Порода регионального метаморфизма. Исходная порода –

**Рис. 233** Яшма.

<http://gemsnet.ru/colorstone/>

кремнистые осадочные породы (диатомит и др.).

*Применение.* Издавна яшма применялась для изготовления изделий мелкой пластики (цилиндрические печати, геммы, амулеты и др.), флорентийской мозаики и для внутренней отделки отдельных зданий (вазы, камины, колонны и др.). Современное применение яшмы - ценные поделки, ювелирные изделия; изготовление ступок, опорных призм, подпятников и др. в технических целях.

*Диагностика.* Характеризуется высокой твердостью (5,5-7 по минералогической шкале), прочностью, разнообразием окрасок, имеет раковистый излом.

*Разновидности.* О д н о р о д н ы е , окраска красная всех видов до черной, белая, розовая, фиолетовая, зеленая, серая и др. П о л о с - ч а т ы е параллельно-полосчатые, различные по цвету и типу лент, с резкими границами (красно-зеленые), с мягкими переходами (красно-желтые), с крупными (более 1 см) лентами (желто-зеленые), с мелкими (до 1 см) лентами (серо-желтые, зеленые и др.). С т р у й ч а т ы е с мелкими порфиристыми выделениями. П о р ф и р о в ы е с вкрапленниками полевых шпатов, с прозрачными включениями кварца и черными — авгита и амфибола. П е - с т р о ц в е т н ы е (ситцевые), однородные с жилками другого цвета (пестрые, разных цветов с одноцветным цементом, с мягкой волнистой окраской). С ф е р о и д а л ь н ы е (копейчатые) н а - т е ч н ы е , а г а т о в ы е , с л о и с т ы е и др.

### **Тальковый сланец**

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая, плейчатая.

*Состав.* Тальк, хлорит. Как примесь могут содержать: магнезит, хромит, актинолит, апатит, глинокит, турмалин и др.

*Цвет.* Белый, желтоватый или зеленоватый.

*Условия образования.* Образовался при метаморфизме основных магматических пород (габбро и его аналогов). Тальковый сланец известен в Канаде, Соединенных Штатах, Швеции, Норвегии, некоторых местностях Германии, но особым распространением пользуется на Урале.

*Применение.* Является важным сырьем для производства огнеупорных, полировальных, изоляционных материалов, предметов украшения, пишущих средств и др.

*Диагностика.* Порода мягкая, может царапаться ногтем, жирный на ощупь.

*Разновидности.* Л и с т в я н и т , представляет собой смесь листочков талька и кристаллических зерен магнезиального карбоната.

### **Хлоритовый сланец**

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая, плейчатая.

*Состав.* Хлорит, примеси серицита, кварца, актинолита, альбита, эпидота, талька, рудных минералов и др.

*Цвет.* Темно-зеленые, реже светло-зеленого цвета.

*Условия образования.* Порода регионального метаморфизма. Исходная порода – основные магматические породы (габбро и его аналоги). Месторождения: Великобритания, Италия

*Применение.* Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.

*Диагностика.* Легко царапаются ножом.

*Разновидности.* Нет.

### **Роговообманковый сланец**

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая, плейчатая.

*Состав.* Роговая обманка, альбит, плагиоклаз, кварц, биотит.

*Цвет.* Зеленый до темно-зеленого.

*Условия образования.* Порода регионального метаморфизма. Исходная порода – основные магматические породы (габбро и его аналоги).

*Применение.* Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.

*Диагностика.* Текстура, цвет.

*Разновидности.* Амфиболит – отсутствует сланцеватость, породообразующие минералы представлены в виде зерен.

### **Амфиболит** (рис. 234).

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная.



**Рис. 234** Амфиболит.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet\\_meteorophic.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pet_meteorophic.htm)

*Состав.* Роговая обманка, средний плагиоклаз. В виде примесей содержит гранат, сфен, кварц, реже эпидот.

*Цвет.* Темноцветная порода.

*Условия образования.* Порода регионального метаморфизма. Могут образовываться при метаморфизации осадочных пород (магнезиальных мергелей) или различных изверженных пород группы габбро и диоритов.

Встречаются в Рудных горах, в Богемии, Фихтельгебирге, в Альпах, в Скандинавии, на Урале.

*Применение.* Черные разновидности – поделочные и облицовочные камни. Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.

*Диагностика.* Цвет, текстура. В отличие от роговообманкового сланца имеет массивную текстуру, породообразующие минералы представлены в виде зерен.

*Разновидности.* В зависимости от преобладания в составе амфиболита того или иного минерала, среди них выделяют: полевый амфиболит, гранатовый амфиболит, салитовый амфиболит, эпидотовый амфиболит и диалловый амфиболит.

### **Серпентинит (змеевик)** (рис.235).

*Структура.* Кристаллическая и скрытокристаллическая.

*Текстура.* Массивная, полосчатая.

*Состав.* Состоит из смеси минералов группы серпентина: волокни-



**Рис. 235** Серпентинит.  
<http://kamni.com.ru/serpentinit.htm>

стого хризотила, пластинчатого антигорита, массивного лизардита и баститового агрегата. Содержит также примесь карбоната и магнетита, иногда - талька, актинолита, тремолита, хлорита. В качестве реликтовых минералов могут присутствовать оливин, клино- и ортопироксен, роговая обманка, хромшпинелид.

*Цвет.* Зеленый.

*Условия образования.* Возникают в результате метаморфизма ультраосновных пород при температуре ниже 400<sup>0</sup>С и повышенном давлении.

*Применение.* Используются как строительный (в частности, облицовочный) материал; полупрозрачные разновидности серпентинита (о ф и к а л ь ц и т ) применяют как поделочный камень.

*Диагностика.* Цвет.

*Разновидности.* Полупрозрачные разновидности серпентинита получили название о ф и к а л ь ц и т .

### **Эклогит** (рис.236).

*Структура.* Кристаллическая и скрытокристаллическая.

*Текстура.* Массивная, реже сланцеватая.

*Состав.* Пироксен и гранат.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Образуется при очень высоких давлениях, поэтому характерен для глубоких зон метаморфизма.

*Применение.* С эклогитами связаны месторождения рутила, в кимберлитовых трубках среди наиболее глубоких эклогитов встречается алмаз.



*Диагностика.* Текстура, структура.

*Разновидности.* По содержанию второстепенных минералов различаются разновидности: амфиболовые, энстатитовые, оливковые, плагиоклазовые, кианитовые (дистеновые), корундовые, рутиловые, графитовые, алмазосодержащие и др.

**Рис. 236** Эклогит.

<http://geolclub.narod.ru/exp.html>

## ***Породы динамометаморфизма.***

### **Тектоническая брекчия**

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Состоят из обломков различного размера: от микроскопических до огромных глыб в десятки и сотни метров в поперечнике. Пространство между обломками обычно заполнено частицами тех же, но более мелко раздробленных пород или жильным материалом. Кроме того, в них часто присутствует привнесенный материал, заполняющий трещины и промежутки между обломками.

*Цвет.* Различный, в зависимости от состава обломков.

*Условия образования.* Возникают при движении вдоль плоскости разрывного нарушения (сдвига, сброса, взброса, надвига), а также при складкообразовании (в результате послойного перемещения и раздробления вещества).

*Применение.* Строительство.

*Диагностика.* Текстура, цвет.

*Разновидности.* Нет.

### **Милонит** (от греч. *τύλῶν* — мельница)

*Структура.* Кристаллическая.

*Текстура.* Сланцеватая, полосчатая, нередко очковая.

*Состав.* Мелкоперетертый материал первичных пород. Под микроскопом различаются мелкие обломки кварца, полевых шпатов, мелкоперетёртые чешуйки слюды среди тонкораспылённой массы более

мягких минералов исходной породы, иногда новообразования серицита, цоизита и др.

*Цвет.* Различный в зависимости от состава исходного материала.

*Условия образования.* Образуются в процессе движения горных масс по поверхности тектонических разрывов. В условиях возникающего сильного давления происходит дробление и перетирание горных пород (гранитов, гнейсов, кристаллических сланцев, кварцитов и др.) до пылевидного состояния и одновременного уплотнения. Известны зоны развития милонитов вдоль крупных региональных надвигов Урала, Тянь-Шаня, Кавказа, Алтая, достигающие нескольких сотен метров ширины и прослеживающиеся по простиранию на десятки км.

*Применение.* Не имеет.

*Диагностика.* Текстура.

*Разновидности.* Нет.

## **П о р о д ы   к о н т а к т о в о г о м е т а м о р ф и з м а .**

**Роговики** (рис. 237).

*Структура.* Мелкокристаллическая. Иногда встречаются крупные кристаллы отдельных минералов.



**Рис. 237** Роговик.

[http://www.geo.auth.gr/106/theory/pe\\_t\\_metamorphic.htm](http://www.geo.auth.gr/106/theory/pe_t_metamorphic.htm)

*Текстура.* Массивная.

*Состав.* Различный, в зависимости от состава исходных пород.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Возникают в результате воздействия интрузии на вмещающие породы.

*Применение.* Не имеет.

*Диагностика.* Текстура.

*Разновидности.* Б и о т и т о в ы е р о г о в и к и образовались при мета-

морфизации песчано-глинистых пород. В их минеральном составе выделяют кварц, биотит, полевой шпат, магнетит, гранат. А м - ф и б о л и т о в ы е р о г о в и к и образовались при метаморфизации магматических пород основного и среднего состава. В их минеральный состав входят амфиболы и плагиоклазы. И з - в е с т к о в о - с и л и к а т н ы е р о г о в и к и образовались при метаморфизации карбонатных пород. В их минеральном составе выделяют гранат, пироксен, плагиоклаз и др. Если метаморфизм происходит без привноса вещества, то карбонатные породы могут переходить в м р а м о р ы .

**Скарны** (швед. *skarn*, буквально - грязь, отбросы) (рис.238).

*Структура.* Крупнокристаллическая.



**Рис. 238** Скарн.

<http://www.wsu.edu:8080/~meinert/skarn.html>

*Текстура.* Массивная, полосчатая.

*Состав.* Пироксены, плагиоклазы, гранаты, а при пониженных температурах – эпидот, актинолит, карбонаты и рудные минералы.

*Цвет.* Различный.

*Условия образования.* Возникают в зоне высокотемпературного контактового ореола магматических горных пород в результате химического взаимодействия карбонатных пород с магмой, интрузивными или другими алюмосиликатными породами при

посредстве горячих магматогенных растворов.

*Применение.* Имеют важное практическое значение, так как с ними связаны месторождения многих полезных ископаемых – меди, железа, молибдена, вольфрама, олова. В связи с этим выделяется особый тип месторождений - скарновый, имеющий важное промышленное значение (например, из рудных - Магнитогорское железорудное на Урале, Соколово-Сарбайское железорудное в Казахстане, Алтын-Топканское полиметаллическое в Средней Азии, Тырныаузское вольфрам-молибденовое на Кавказе; из нерудных - боратов в Сибири, флогопита в Прибайкалье, на Алдане и на Памире).

*Диагностика.* Текстура.

*Разновидности.* Различают известковые скарны, сложенные Са-Mg-Fe-силикатами и алюмосиликатами (пироксены ряда диопсид-геденбергит и гранаты ряда гроссуляр-андрадит), и магнезиальные скарны, с магнезийсодержащими минералами (форстерит, диопсид, шпинель, флогопит). Известковые скарны возникают преимущественно в условиях малых и средних глубин (до 10-12 км) в послемагматический этап в контактах известняков с алюмосиликатными породами. Магнезиальные скарны образуются при реакционном взаимодействии доломитов с внедряющейся магмой или в условиях больших глубин (свыше 10-12 км) в контакте с алюмосиликатными породами в послемагматический этап.

Данные об описанных выше типах метаморфических пород для наглядности сведены в единую таблицу (табл. 9).

Таблица 9

**Характеристика основных типов метаморфических пород.**

№		1.	2.	3.	4.
Название		<b>Глинистый сланец</b>	<b>Филлит</b>	<b>Слюдяной (слюдистый) сланец</b>	<b>Кварцит</b>
Структура		Скрытокристаллическая.	Скрытокристаллическая.	Кристаллическая.	Кристаллическая.
Текстура		Сланцеватая.	Сланцеватая.	Сланцеватая.	Массивная.
Состав		Глинистый материал, кварц, органические вещества, примесь карбонатов.	Мелкие чешуйки серицита или хлорита, зёрна обломочного кварца, иногда – новообразованные кристаллы альбита, глинистые минералы.	Кварц и слюда (чаще мусковит, чем биотит); альбит или кислый олигоклаз, гранат, ставролит.	Кварц, мусковит, хлорит, графит, пироксен, силлиманит.
Цвет		Серый, коричневый, темно-серый до черного.	Обычно тёмно-серый или чёрный.	Светлая (мусковит), или же темная (при содержании в породе графита или биотита).	Различен в зависимости от цвета первичных неизменных пород и цвета новообразованных минералов.
Условия образования	Породы регионального метаморфизма	Исходная порода – глина. Порода регионального метаморфизма	Исходная порода – глинистый сланец. Образуется при слабом региональном метаморфизме преимущественно глинистых осадков и связаны с ними постепенными переходами от собственно глинистых сланцев до слюдяных сланцев.	Исходная порода – глинистый сланец. Региональный метаморфизм.	Исходная порода – кварцевый песчаник и песок. Региональный метаморфизм.
Применение		Использовались для производства серной кислоты и квасцов.	Некоторые из филлитов используются как кровельный материал.	Сланцы легко выветриваются и поэтому не пригодны для использования в качестве строительного камня; при разрушении сланцев возникают бедные почвы, отличающиеся высоким содержанием слюды.	Декоративный материал, строительство.
Диагностика		В отличие от филлитов не блестят.	Характерны шелковистый блеск на поверхностях сланцеватости и способность раскалываться на тонкие плитки.	Характерен серебристый или золотистый блеск на плоскостях сланцеватости, что связано с обилием мусковита и биотита	Массивная текстура, шершавый на ощупь.
Разновидности		<i>Известковистый сланец, кровельный сланец, колчеданный сланец, квасцовый сланец.</i>	Нет.	Нет.	Нет.

Продолжение табл. 9

№		5.	6.	7.	8.
Название		<b>Гнейс</b>	<b>Мрамор</b>	<b>Яшма</b>	<b>Тальковый сланец</b>
Структура		Кристаллическая.	Кристаллическая.	Скрытокристаллическая.	Кристаллическая.
Текстура		Массивная, полосчатая, плейчатая.	Массивная.	Массивная, полосчатая.	Сланцеватая, плейчатая.
Состав		Кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз и цветные минералы.	Кальцит, доломит; кварц, халцедон, гематит, пирит, лимонит, хлорит и др., а также органические соединения.	Халцедон, кварц, гематит, гётит, гидроокислы марганца, хлорита, актинолита и др.	Тальк, хлорит; магнетит, хромит, актинолит, апатит, глинокит, турмалин и др.
Цвет		Светло-серый, серый, темно-серый, желтоватый, коричневый, красноватый.	Различная, в зависимости от примесей.	Различные оттенки красного, зелёного, жёлтого, серого цвета, реже - бурая, чёрная, белая и другие окраски.	Белый, желтоватый или зеленоватый.
Условия образования		Региональный метаморфизм. Гнейсы могут образовываться из кислых магматических пород ( <i>ортогнейсы</i> ) и из осадочных, обломочных полиминеральных ( <i>парагнейсы</i> ).	Образуется в процессе регионального метаморфизма, при перекристаллизации известковых осадков под влиянием давления и высокой температуры земной коры.	Порода регионального метаморфизма. Исходная порода – кремнистые осадочные породы (диатомит и др.).	Образовался при региональном метаморфизме основных магматических пород (габбро и его аналогов).
Применение		Строительный материал, сырьё для щебня.	Облицовочный материал.	Ценные поделки, ювелирные изделия; изготовление ступок, опорных призм, подпятников и др. в технических целях.	Важное сырьё для производства огнеупорных, полировальных, изоляционных материалов, предметов украшения, пищевых средств и др.
Диагностика		От гранита отличается сланцеватостью.	Реагирует с HCl.	высокая твердость, прочность, разнообразие окрасок, имеет раковистый излом.	Порода мягкая, может царапаться ногтем, жирный на ощупь.
Разновидности		<i>Биотитовые, роговообманковые, пироксеновые</i> и другие гнейсы. Гнейсы, образованные при метаморфизме осадочных пород, называются <i>парагнейсами</i> , продукты метаморфизма изверженных пород – <i>ортогнейсами</i> .	<i>Каррарский</i> имеющий снежно-белый цвет, мрамор <i>руинный</i> , который на отполированных плоскостях имеет коричневый рисунок; <i>мраморный оникс</i> , просвечивающий в краях, плотный, светлоокрашенный.	<i>Однородные; полосчатые; струйчатые; порфиоровые; пестроцветные; сферoidalные; натечные, агатовые, слоистые</i> и др.	<i>Листвянит</i> - смесь листочков талька и кристаллических зерен магнезиального карбоната.

Породы регионального метаморфизма

Продолжение табл. 9

№		9.	10.	11.	12.
Название		<b>Хлоритовый сланец</b>	<b>Роговообманковый сланец</b>	<b>Амфиболит</b>	<b>Серпентинит</b>
Структура		Кристаллическая.	Кристаллическая.	Кристаллическая.	Кристаллическая и скрытокристаллическая.
Текстура		Сланцеватая, плейчатая.	Сланцеватая, плейчатая.	Массивная.	Массивная, полосчатая.
Состав		Хлорит, примеси серицита, кварца, актинолита, альбита, эпидота, талька, рудных минералов и др.	Роговая обманка, альбит, плагиоклаз, кварц, биотит.	Роговая обманка, средний плагиоклаз; гранат, сфен, кварц, реже эпидот.	Смесь минералов группы серпентина; карбонат, магнетит, тальк, актинолит, тремолит, хлорит; оливин, пироксен, роговая обманка.
Цвет		Темно-зеленые, реже светло-зеленого цвета.	Зеленый до темно-зеленого.	Темноцветная порода.	Зеленый.
Условия образования		Порода регионального метаморфизма. Исходная порода – основные магматические породы (габбро и его аналоги).	Порода регионального метаморфизма. Исходная порода – основные магматические породы (габбро и его аналоги).	Порода регионального метаморфизма. Могут образовываться при метаморфизации осадочных пород (магнезиальных мергелей) или различных изверженных пород группы габбро и диоритов.	Возникают при метаморфизме ультраосновных пород при температуре ниже 400 <sup>0</sup> С и повышенном давлении.
Применение		Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.	Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.	Черные разновидности – поделочные и облицовочные камни. Используется для изготовления плит, полируется как декоративный камень.	Используются как строительный (в частности, облицовочный) материал; полупрозрачные разновидности серпентинита (офикальцит) применяются как поделочный камень.
Диагностика		Легко царапаются ножом.	Текстура, цвет.	В отличие от роговообманкового сланца имеет массивную текстуру, породообразующие минералы представлены в виде зерен.	Цвет.
Разновидности		Нет.	<i>Амфиболит</i> – отсутствует сланцеватость, породообразующие минералы представлены в виде зерен.	<i>Полевошпатовый, гранатовый, салитовый, эпидотовый и диаллаговый</i> амфиболиты.	Полупрозрачные разновидности серпентинита - <i>офикальцит</i> .

Породы регионального метаморфизма

Продолжение табл. 9

№		13.		14.	15.
Название	Породы регионального метаморфизма	<b>Эклогит</b>	Породы динамометаморфизма.	<b>Тектонические брекчии</b>	<b>Милонит</b>
Структура		Кристаллическая и скрытокристаллическая.		Кристаллическая.	Кристаллическая.
Текстура		Массивная, реже сланцеватая.		Массивная.	Сланцеватая, полосчатая, нередко очковая.
Состав		Пироксен и гранат.		Обломки пород различного состава и размера.	Мелкоперетертый материал первичных пород.
Цвет		Различный.		Различный, в зависимости от состава обломков.	Различный, в зависимости от состава исходного материала.
Условия образования		Образуется при очень высоких давлениях, поэтому характерен для глубоких зон метаморфизма.		Возникают при движении вдоль плоскости разрывного нарушения (сдвига, сброса, взброса, надвига), а также при складкообразовании (в результате послонного перемещения и раздробления вещества).	Образуются в процессе движения горных масс по поверхности тектонических разрывов.
Применение		С эклогитами связаны месторождения рутила, в кимберлитовых трубках среди наиболее глубоких эклогитов встречается алмаз.		Строительство.	Не имеет.
Диагностика		Текстура, структура.		Текстура, цвет.	Текстура.
Разновидности		По содержанию второстепенных минералов различаются разновидности: <i>амфиболовые, энстатитовые, оливковые, плагиоклазовые, кианитовые</i> (дистеновые), <i>корундовые, рутиловые, графитовые, алмазосодержащие</i> и др.		Нет.	Нет.

№		16.	17.
Название		<b>Роговик</b>	<b>Скарн</b>
Структура		Мелкокристаллическая. Иногда встречаются крупные кристаллы отдельных минералов.	Крупнокристаллическая.
Текстура		Массивная.	Массивная, полосчатая.
Состав		Различный, в зависимости от состава исходных пород.	Пироксены, плагиоклазы, гранаты, а при пониженных температурах – эпидот, актинолит, карбонаты и рудные минералы.
Цвет		Различный.	Различный.
Условия образования		Возникают в результате воздействия интрузии на вмещающие породы.	Возникают в зоне высокотемпературного контактового ореола магматических горных пород в результате химического взаимодействия карбонатных пород с магмой, интрузивными или другими алюмосиликатными породами при посредстве горячих магматогенных растворов.
Применение		Не имеет.	Имеют важное практическое значение, так как с ними связаны месторождения многих полезных ископаемых – меди, железа, молибдена, вольфрама, олова.
Диагностика		Текстура.	Текстура.
Разновидности	<i>Породы контактового метаморфизма</i>	<i>Биотитовые роговики</i> образовались при метаморфизации песчано-глинистых пород. В их минеральном составе выделяют кварц, биотит, полевой шпат, магнетит, гранат. <i>Амфиболитовые роговики</i> образовались при метаморфизации магматических пород основного и среднего состава. В их минеральный состав входят амфиболы и плагиоклазы. <i>Известково-силикатные роговики</i> образовались при метаморфизации карбонатных пород. В их минеральном составе выделяют гранат, пироксен, плагиоклаз и др. Если метаморфизм происходит без привноса вещества, то карбонатные породы могут переходить в мраморы.	Различают <i>известковые скарны</i> , сложенные Ca-Mg-Fe-силикатами и алюмосиликатами (пироксены ряда диопсид-геденбергит и гранаты ряда grosсуляр-андрадит), и <i>магнезиальные скарны</i> , с магнийсодержащими минералами (форстерит, диопсид, шпинель, флогопит). Известковые скарны возникают преимущественно в условиях малых и средних глубин (до 10-12 км) в послемагматический этап в контактах известняков с алюмосиликатными породами. Магнезиальные скарны образуются при реакционном взаимодействии доломитов с внедряющейся магмой или в условиях больших глубин (свыше 10-12 км) в контакте с алюмосиликатными породами в послемагматический этап.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Бокситы, их минералогия и генезис, М., 1958.
2. Гаврилов В.П., Мильничук В.С., Никитина Р.Г., Шафранов А.П. Общая и историческая геология. Учебное пособие к лабораторным занятиям. – М., 1975.
3. Геохимия кремнезема, Сб. ст., М., 1966.
4. Добровольский В.В. Геология. Учебник для вузов. - М: ГИЦ «Владос», 2004
5. Ермолов В.А., Ларичев Л.Н. Геология. Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 1. Основы геологии. - М.: Изд-во МГГУ; 2004
6. Заридзе Г.М. Петрография магматических и метаморфических пород. Учебное пособие. М.: Недра, 1980.
7. Карлович И.А. Геология. Учебное пособие для вузов, М., 2004
8. Кобранова В.Н. Физические свойства горных пород (петрофизика)/ под ред. д.г-м.н., проф. В.Н.Дахнова. – М.:ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1962
9. Краткий курс месторождений полезных ископаемых, под ред. С.А.Вахромеева, М., 1967.
- 10.Короновский Н.В. Общая геология: Учебник. - М: МГУ, 2002
- 11.Кузнецов Е.А. Краткий курс петрографии магматических и метаморфических пород, М: МГУ, 1970
- 12.Кузнецов В.Г. Обломочные горные породы и методы их изучения; Учеб. пособие для вузов. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001
- 13.Лапинская Т.А., Прошляков Б.К. Основы петрографии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1981.
- 14.Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. – М.: Высшая школа, 1967.
- 15.Петрографический словарь, М. "Недра", 1981
16. Платонов Н.А. Основы инженерной геологии. Учебник для сред. спец. учеб. заведений. - М.: Инфра-М; 2003
- 17.Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учеб. пособие для вузов/ Павлинов В.Н., Михайлов А.Е., Кизевальтер Д.С. и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988.
- 18.Попов В.С. Новые магматические породы /Соровский образовательный журнал, №6, 1998.
- 19.Рухин Л.Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах, Ленинград: Изд. «Недра», 1969
- 20.Теодорович Г. И., Учение об осадочных породах, Л., 1958.

21. Трусова И.Ф., Чернов В.И. Петрография магматических и метаморфических горных пород. Учебник для вузов. М.: Недра, 1982.
22. Швецов М. С., Петрография осадочных пород, 3 изд., М., 1958.
23. Юбельт Р., Шрайтер П. Определитель горных пород. – М.: Мир, 1977.
24. Frederic H. Lahel Field Geology. Перевод с английского В.А.Волкова, Т.Е.Вульф, М.И.Герасимовой /Под редакцией и с предисловием Г.Ф.Лунгерсгаузена - Изд.:«МИР», Москва, 1966.

Список Интернет-сайтов, используемых при написании учебного пособия:

<http://www.anrb.ru/geol/MinUrals/report01.htm#036>;  
<http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/102/150.htm>;  
<http://www.issep.rssi.ru>;  
[http://www.fegi.ru/PRIMORYE/HISTORY/ysti\\_i.htm](http://www.fegi.ru/PRIMORYE/HISTORY/ysti_i.htm);  
<http://www.hkd.ru>;  
[http://www.kemerovo.su/image/foto/htm/RK\\_dolomit.htm](http://www.kemerovo.su/image/foto/htm/RK_dolomit.htm);  
<http://www.krugosvet.ru>;  
<http://www.kemerovo.su/Kuzbass/polezn.asp?n=5>;  
<http://www.membrana.ru>; <http://www.rcc.ru/Rus/Research/?ID=10541>;  
<http://www.spbkamchatka.ru/gallery.php?gal=mutn>; <http://www.tula.net>;  
[http://www.vokrugsveta.com/S4/news/news\\_le14.htm](http://www.vokrugsveta.com/S4/news/news_le14.htm);  
<http://geology.refportal.ru>; <http://hghltd.yandex.ru>;  
<http://vodnik.narod.ru/kamchat1/fumarol.htm>;  
[http://han-samoilenko.narod.ru/album/kron\\_7\\_.html](http://han-samoilenko.narod.ru/album/kron_7_.html);  
<http://radio.stu.neva.ru/~abris/kamchatk/ka000801.htm>;  
[http://belarusnature.sotela.com/?pid=2\\_34&l=Rus](http://belarusnature.sotela.com/?pid=2_34&l=Rus);  
<http://geologija.narod.ru/gpfoto.html>;  
<http://www.promyslovik.kamchatka.ru/uzon.html>;  
[http://smach.narod.ru/images/Kilauea\\_Hawai.jpg](http://smach.narod.ru/images/Kilauea_Hawai.jpg);  
<http://kubera.narod.ru/kluch/vsp.htm>;  
[http://grnm.narod.ru/Litology/page\\_5.htm](http://grnm.narod.ru/Litology/page_5.htm);  
<http://www26.brinkster.com/jrob/rockspec.htm>; <http://csmres.jmu.edu>;  
<http://www.slb.com/seed/ru/watch/cybergeog/study.htm>;  
<http://web.ru/geolab/atlas/stil/image.html>;  
<http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/066/118.htm>;  
<http://svetlf.narod.ru/page4.htm>;  
<http://ggd.nsu.ru/iso/Shiraiso/sediment/limestoun2.htm>;  
<http://www.fmm.ru/specimens/vitr30/17599c1.htm>  
 и др.