

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ А.С. ПУШКИНА»

М.А. БОГДАСАРОВ, Н.Ф. ГРЕЧАНИК

# ГЕОЛОГИЯ

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

БРЕСТ 2010

УДК 551.1/4  
ББК 26.325.28(4Бен)  
Б73

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
БрГУ имени А.С. Пушкина*

**Рецензенты:**

декан факультета водоснабжения и гидромелиорации  
Брестского государственного технического университета  
доктор географических наук, профессор **А.А. Волчек**

доцент кафедры физической географии  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
кандидат географических наук, доцент **А.В. Грибко**

**Богдасаров, М.А., Гречаник, Н.Ф.**

Б73 Геология [Текст] : определитель минералов и горных пород / М. А. Богдасаров, Н.Ф. Гречаник ; Брест. гос. ун-т. – Брест : БрГУ имени А.С. Пушкина, 2010. – 81 с. – Библиогр. : с. 81 (10 назв.). – 100 экз.  
ISBN 985-473-144-8

Определитель минералов и горных пород составлен для студентов географического факультета в соответствии с программой предмета «Геология» для специальностей «1-02 04 05 География. Дополнительная специальность 1-02 04 05-01 География. Биология» и «1-02 04 05 География. Дополнительная специальность 1-02 04 05-03 География. Экономика» и ставит целью облегчить самостоятельную работу студентов с практическим материалом минералогических и петрографических коллекций при подготовке и проведении лабораторных занятий. Работа адресована преподавателям и студентам геолого-географических факультетов вузов, где изучается предмет «Геология».

Библиогр. 10 назв.

**УДК 551.1/4  
ББК 26.325.28(4Бен)**

© М.А. Богдасаров,  
Н.Ф. Гречаник, 2010  
© Издательство БрГУ  
имени А.С. Пушкина, 2010

**ISBN 985-473-144-8**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 МИНЕРАЛЫ.....	4
1.1 Диагностические признаки минералов .....	5
1.1.1 Морфологические особенности .....	5
1.1.2 Физические свойства.....	8
1.2 Основы систематики минералов.....	11
1.2.1 Самородные минералы .....	13
1.2.2 Сульфиды и близкие к ним соединения.....	15
1.2.3 Галоидные соединения .....	18
1.2.4 Оксиды и гидроксиды .....	19
1.2.5 Карбонаты .....	23
1.2.6 Сульфаты.....	25
1.2.7 Вольфраматы.....	26
1.2.8 Фосфаты .....	26
1.2.9 Силикаты .....	27
1.2.10 Органические соединения .....	34
2 ГОРНЫЕ ПОРОДЫ.....	36
2.1 Диагностические признаки горных пород.....	36
2.1.1 Особенности строения .....	36
2.1.2 Физические свойства.....	38
2.2 Основы систематики горных пород .....	39
2.2.1 Магматические горные породы .....	42
2.2.2 Осадочные горные породы.....	54
2.2.3 Вулканогенно-обломочные горные породы .....	73
2.2.4 Метаморфические горные породы .....	76
ЛИТЕРАТУРА .....	82

# 1 МИНЕРАЛЫ

Земная кора – объект изучения геологии, сложена плотными и рыхлыми агрегатами, называемыми горными породами (науки их изучающие – петрология (петрография) и литология). Из минералов состоят горные породы, они представляют собой природные химические соединения или самородные элементы, являющиеся продуктами различных физико-химических процессов, совершающихся внутри земной коры и на ее поверхности. Наука, занимающаяся изучением минералов, называется минералогией. Минералы входят в состав горных пород и подчинены им своим залеганием, иногда образуя в них отдельные самостоятельные залегаия.

Общее число установленных на Земле минералов превышает 4000. Среди них лишь 20–30 минералов, главнейшие из которых – кварц, полевой шпат и роговая обманка, слагают свыше 99,5% земной коры, а остальные встречаются относительно редко. При этом большая часть известных минералов образуется в приповерхностных условиях, около 200 являются продуктами глубинных магматических процессов, а около 1000 связано с химическими реакциями, в которых участвуют нагретые подземные воды (гидротермальные растворы).

Данные природные образования могут иметь сложный или простой химический состав, скопления одного элемента называются самородными минералами. По своему агрегатному состоянию минералы подразделяются на твердые, жидкие и газообразные. Твердые минералы в большинстве своем являются телами кристаллическими (на их долю приходится около 98% известных минералов), хотя встречаются и некристаллические (опал, янтарь и др.). Особенности кристаллического строения минералов обуславливают их физические и химические свойства, а часто и форму нахождения минералов в природе. Поэтому изучение минералов невозможно без предварительного знакомства с основными понятиями по кристаллографии – науки о кристаллах и кристаллическом состоянии вещества.

Минералы представляют собой природные химические соединения и характеризуются определенным составом, который может быть выражен химической формулой. Большинство минералов имеют кристаллическое строение, т.е. слагающие их атомы или ионы распределены строго закономерно, образуя кристаллическую решетку. Химический состав, строение кристаллической решетки и сила связей между атомами или ионами в решетке обуславливают индивидуальные физические свойства минерала, на основании которых часто можно определить минерал, не прибегая к более трудоемким исследованиям.

Методика определения минералов имеет свои особенности. Каждый минерал обладает определенным химическим составом и имеет характер-

ное для него внутреннее строение. Эти важнейшие особенности обуславливают довольно постоянные и индивидуальные физические свойства минералов. Определяя минералы по внешним признакам, мы обращаем внимание, в первую очередь, на общее для всех минералов, а затем переходим к рассмотрению индивидуальных особенностей, а также характерных ассоциаций минералов-спутников.

К определению минералов рекомендуется подходить следующим образом. Внимательно прочитать вводный раздел и усвоить основные способы определения или оценки важнейших физических свойств минералов (удельного веса, цвета, блеска, твердости, спайности, излома). Научиться выполнять элементарные химические испытания, применяемые при определении карбонатов (реакция с соляной кислотой и реакции окрашивания) и некоторых других групп минералов.

Для определения образца неизвестного минерала нужно обратиться в первую очередь к ведущим физическим свойствам. Отыскав по совокупности этих свойств, установленных на определяемом образце, несколько подходящих минералов, следует далее прочитать их описания в тексте и с учетом специфических особенностей данного образца постараться сократить число минералов по возможности до одного.

В описаниях минералов сведены наиболее характерные отличительные особенности каждого минерала, что должно облегчить процесс определения. Большую помощь в определении минералов призвана оказать музейная минералогическая коллекция, однако полагаться только на нее невозможно. Необходимо сознавать, что в природе многие минералы представлены несколькими разновидностями: часто один и тот же минерал в разных месторождениях выглядит неодинаково.

## **1.1 Диагностические признаки минералов**

К важнейшим диагностическим признакам минералов относятся морфологические особенности, характеризующие форму выделений минералов; оптические свойства: прозрачность, цвет минералов, цвет черты, блеск; механические свойства: спайность, излом, твердость, хрупкость; прочие физические свойства: удельный вес, вкус, запах, магнитность и пр.

### ***1.1.1 Морфологические особенности***

Чаще всего минералы встречаются в природе в виде зерен неправильной формы. Хорошо образованные кристаллы более редки, их форма обычно является характерным диагностическим признаком. Разнообразие существующих **форм кристаллов** можно подразделить на три типа.

**Изометричные** – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пироксор), бипирамиды (циркон, касситерит), ромбододекаэдры (гранат), ромбоэдры (кальцит) и др., а также различные сочетания этих простых форм.

**Вытянутые в одном направлении** – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.).

**Вытянутые в двух направлениях (уплощенные)** – таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые кристаллы (слюды, хлориты, молибденит, графит и т.д.).

В результате процесса метасоматического замещения или растворения с последующим заполнением пустот кристаллические формы, принадлежащие одному минералу, оказываются представленными другим минералом; подобные образования называются **псевдоморфозами**.

**Штриховка.** Помимо формы кристалла характерным свойством минерала, помогающим его диагностике, является штриховка на гранях: поперечная параллельная (кварц), продольная параллельная (турмалин, эпидот) либо пересекающаяся (магнетит).

В природе шире распространены не единичные кристаллы минерала, а различные их **срастания**, или **агрегаты**. Для многих минералов характерны определенным образом ориентированные закономерные двойниковые сростки двух или более кристаллов. Наиболее широко распространенные специфические формы минеральных агрегатов, срастаний и выделений, получившие особые названия, приводятся ниже.

**Зернистые агрегаты.** В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен бывают агрегаты крупнозернистые – более 5 мм в поперечнике; среднезернистые – от 1 до 5 мм и мелкозернистые – с зернами менее 1 мм. Зернистыми агрегатами сложено, в частности, большинство изверженных и метаморфических горных пород, а также многие осадочные породы, некоторые типы сульфидных руд и др.

**Друзы** – сростки правильных, хорошо образованных кристаллов минералов на стенках пустот различной формы (трещин, каверн, «погребов», «занорышей», «пещер» и др.). В морфологическом отношении бывают весьма разнообразны: «щетки» кристаллов, «кристаллические корки» (мелкие тесно сросшиеся кристаллики, сплошь покрывающие стенки узких трещин), «гребенчатые» сростки и др. Друзы кристаллов типичны для пегматитов, некоторых типов гидротермальных жил и жил альпийского типа.

**Секреции** – выполнения пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным строением. Внешние зоны секреций часто бывают выполнены аморфными или скрытокристаллическими минералами, а во внутренней их части сохраняется полость, на стенках которой нарастают друзы кристаллов или натечные агрегаты минералов. Мелкие секреции, встречающиеся в излившихся породах и туфах, называются **миндалинами**, крупные, особенно характерные для пегматитов и альпийских жил, – **жеодами**.

**Конкреции** – шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.). В отличие от секреций, конкреции разрастаются от какого-либо центра (обломочного зерна, органического остатка и т.д.), вокруг которого образуется сгусток коллоидального вещества, впоследствии раскристаллизованного. Конкреции характерны для фосфоритов, сидеритовых, марказитовых и других типов руд осадочного происхождения.

**Оолиты** – подобно конкрециям имеют сферическую форму, но величина их гораздо мельче: от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Они образуются путем наслоения коллоидального материала на песчинки и органические обломки, находящиеся в подвижных водных средах во взвешенном состоянии. Оолиты весьма характерны для некоторых известняков, осадочных железных и марганцевых руд, а также бокситов.

**Натечные формы** выделений минералов образуются на стенках различных пустот и полостей при медленном стекании растворов. К ним относятся известковые и ледяные сталактиты и сталагмиты пещер, по форме сходные с обычными ледяными сосульками, почковидные, гроздевидные выделения минералов в зонах окисления и выветривания рудных месторождений и др. Размеры и формы натечных образований могут быть самыми разнообразными: от долей миллиметра до громадных столбов (в больших пещерах). Натечные формы выделений характерны для многих гипергенных и низкотемпературных гидротермальных минералов: кальцита, арагонита, малахита, гематита, гидроокислов железа, марганца, опала, гипса, некоторых сульфидов, смитсонита и др.

**Землистые массы** – рыхлые, мягкие, мучнистые агрегаты аморфного или скрытокристаллического строения, сажистые (черного цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Чаще всего образуются при химическом выветривании горных пород и в зоне окисления руд (например, руды марганца).

**Налеты и примазки** – тонкие пленки различных вторичных минералов, покрывающие поверхность кристаллов или пород. Таковы пленки лимонита на кристаллах горного хрусталя, примазки медной зелени по тре-

щинам в горных породах, вмещающих сульфидные месторождения с минералами меди, и т.п.

**Выцветы** – периодически появляющиеся (в сухую погоду) и исчезающие (в дождливые периоды) рыхлые корочки, пленки, налеты, часто пушистые или моховидные, на поверхности сухих почв, руд и горных пород и по трещинам в них. Эти образования сложены чаще всего легкорастворимыми водными хлоридами, сульфатами разных металлов или же другими водно-растворимыми солями.

### 1.1.2 Физические свойства

**Оптические свойства. Прозрачность** – свойство вещества пропускать свет. В зависимости от степени прозрачности все минералы делят на следующие группы: **прозрачные** – горный хрусталь, исландский шпат, топаз и др.; **полупрозрачные** – сфалерит, киноварь и др.; **непрозрачные** – пирит, магнетит, графит и др. Многие минералы, кажущиеся непрозрачными в крупных кристаллах, просвечивают в тонких осколках или краях зерен.

**Цвет минералов** – важнейший диагностический признак. Во многих случаях обусловлен внутренними свойствами минерала (идиохроматические окраски) и связан с вхождением в его состав элементов-хромофоров (Fe, Cr, Mn, Ni, Co и др.). Например, присутствие хрома обуславливает зеленую окраску уваровита и изумруда, присутствие марганца – розовую или сиреневую окраску лепидолита, турмалина или воробьевита. Природа окрашивания других минералов (дымчатый кварц, аметист, морион и др.) кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов. В некоторых случаях окраска минерала может быть вызвана присутствием тончайших рассеянных механических примесей (аллохроматические окраски) – яшмы, агаты, авантюрин и др. Для обозначения окраски в минералогии распространен метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ, что отражается в названиях цветов: кроваво-красный, лазурно-синий, лимонно-желтый, яблочно-зеленый, шоколадно-коричневый и т.п. Эталонами можно считать названия цветов следующих минералов: фиолетовый – аметист, синий – азурит, зеленый – малахит, желтый – аурипигмент, красный – киноварь, бурый – лимонит, свинцово-серый – молибденит, железо-черный – магнетит, оловянно-белый – арсенопирит, латунно-желтый – халькопирит, металлически-золотистый – золото.

**Цвет черты** – цвет тонкого порошка минерала. Черту минерала можно получить при проведении испытуемым минералом по матовой неглазированной поверхности фарфоровой пластинки (бисквита) или осколку такой же поверхности фарфоровой химической посуды. Это признак более



постоянный по сравнению с окраской. В ряде случаев цвет черты совпадает с цветом самого минерала, но иногда наблюдается резкое различие: так, стально-серый гематит оставляет вишнево-красную черту, латунно-желтый пирит – черную и т.д.

**Блеск** зависит от показателя преломления минерала, т.е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе его из воздушной в кристаллическую среду. Практически установлено, что минералы с показателем преломления 1,3–1,9 имеют **стеклянный** блеск (кварц, флюорит, кальцит, корунд, гранат и др.), с показателем 1,9–2,6 – **алмазный** блеск (циркон, касситерит, сфалерит, алмаз, рутил и др.). **Полуметаллический** блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6–3,0 (куприт, киноварь, гематит) и **металлический** – выше 3,0 (молибденит, антимонит, пирит, галенит, арсенопирит и др.). Блеск минерала зависит и от характера поверхности. Так, у минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается **шелковистый** блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы часто имеют **перламутровый** блеск (кальцит, альбит), непрозрачные или просвечивающие минералы, аморфные или характеризующиеся нарушенной структурой кристаллической решетки (метамиктные минералы) отличаются **смолистым** блеском (пирохлор).

**Механические свойства. Спайность** – свойство кристаллов раскалываться в определенных кристаллографических направлениях, обусловленное строением их кристаллических решеток. Так, кристаллы кальцита независимо от их внешней формы раскалываются всегда по спайности на ромбоэдры, а кубические кристаллы флюорита – на октаэдры.

Степень совершенства спайности различается в соответствии со следующей принятой шкалой:

Спайность **весьма совершенная** – кристалл легко расщепляется на тонкие листочки (слюда, хлорит, молибденит и др.).

Спайность **совершенная** – при ударе молотком получаются выколки по спайности; получить излом по другим направлениям трудно (кальцит, галенит, флюорит).

Спайность **средняя** – излом можно получить по всем направлениям, но на обломках минерала наряду с неровным изломом отчетливо наблюдаются и гладкие блестящие плоскости спайности (пироксены, скаполит).

Спайность **несовершенная** или **отсутствует**. Зерна подобных минералов ограничены неправильными поверхностями, за исключением граней их кристаллов.

Нередко разно ориентированные плоскости спайности в одном и том же минерале различаются по степени совершенства. Так, у гипса имеется три направления спайности: по одному – спайность весьма совершенная, по другому – средняя и по третьему – несовершенная. **Трещины отдель-**

*ности*, в отличие от спайности, являются более грубыми и не вполне плоскими; чаще всего ориентированы поперек удлинения минералов.

**Излом.** У минералов с несовершенной спайностью существенную роль в диагностике играет излом – *раковистый* (кварц, пироклор), *занозистый* (у самородных металлов), *мелкорраковистый* (пирит, халькопирит, борнит), *неровный* и др.

**Твердость**, или степень сопротивления минерала внешнему механическому воздействию. Наиболее простой способ ее определения – царапанье одного минерала другим. Для оценки относительной твердости принята *шкала Мооса*, представленная 10 минералами, из которых каждый последующий царапает все предыдущие. За эталоны твердости приняты следующие минералы: тальк – 1, гипс – 2, кальцит – 3, флюорит – 4, апатит – 5, ортоклаз – 6, кварц – 7, топаз – 8, корунд – 9, алмаз – 10. При диагностике весьма удобно также употреблять для царапанья такие предметы, как медная (твердость 3,0–3,5) и стальная (5,5–6,0) игла, нож (5,5–6,0), стекло (5,0); мягкие минералы можно царапать ногтем (2,5).

**Хрупкость, ковкость, упругость.** Под *хрупкостью* в минералогической практике подразумевается свойство минерала крошиться при проведении черты ножом или иглой. Противоположное свойство – гладкий блестящий след от иглы (ножа) – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. *Ковкие* минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, *упругие* способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

**Прочие свойства.** *Удельный вес* может быть точно замерен в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе минерала можно получить путем сопоставления его с распространёнными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы можно разделить по удельному весу на три группы: *легкие* – с удельным весом меньше либо равным 2,9 (гипс, мусковит, сера, халцедон, янтарь и др.); *средние* – с удельным весом порядка 2,9–5,0 (apatит, биотит, сфалерит, топаз, флюорит и др.); *тяжелые* – с удельным весом больше 5,0 (арсенопирит, галенит, касситерит, киноварь и др.).

**Магнитность.** Некоторые минералы характеризуются ярко выраженными *ферромагнитными* свойствами, т.е. притягивают к себе мелкие железные предметы – опилки, булавки (магнетит, никелистое железо). Менее магнитные минералы (*парамагнитные*) притягиваются магнитом (пирротин) или электромагнитом; наконец, имеются минералы, которые отталкиваются магнитом, – *диамагнитные* (самородный висмут). Испытание на магнитность производится с помощью свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец. Так как число минералов, обладающих отчетливыми магнитными свойствами, невелико,

то этот признак имеет важное диагностическое значение для некоторых минералов (например, магнетита).

**Радиоактивность.** Способностью к самопроизвольному  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучению характеризуются все минералы, содержащие в своем составе радиоактивные элементы – уран или торий. В породе радиоактивные минералы часто бывают окружены красными или бурыми каемками, и от зерен таких минералов, включенных в кварц, полевой шпат и др., расходятся радиальные трещинки. Радиоактивное излучение действует на фотобумагу.

**Другие свойства.** Для диагностики в полевых условиях имеют значение **растворимость** минералов в воде (хлориды) или кислотах и щелочах, частные **химические реакции** на отдельные элементы, **окрашивание пламени** (например, минералы, содержащие стронций, окрашивают пламя в красный цвет, натрий – в желтый). Некоторые минералы при ударе или разломе издадут **запах** (так, арсенопирит и самородный мышьяк испускают характерный чесночный запах) и т.д. Отдельные минералы определяются **на ощупь** (например, тальк на ощупь жирный). Поваренная соль и другие солевые минералы легко узнаются **на вкус**.

## 1.2 Основы систематики минералов

Современная минералогическая классификация рассматривает минералогию как «химию земной коры» (В.И. Вернадский), а минералы – как продукты природных химических реакций и основывается на важнейших, наиболее общих и существенных внутренних свойствах минералов – химическом составе и кристаллической структуре; поэтому она называется кристаллохимической. Единицей такой классификации является минеральный вид. В определении этого понятия ведущую роль играют строение кристаллической решетки и состав слагающих ее частиц (атомов, ионов).

Особыми минеральными видами (т.е. самостоятельными минералами) считаются в кристаллохимической классификации и соединения одинакового состава, но различного кристаллического строения. Сходные по составу и близкие по структуре минеральные виды объединяются в группы, последние – в подклассы или классы. Наконец, классы объединяются в типы, характеризующиеся определенным типом химической формулы.

Минералы, не имеющие кристаллического строения, так называемые аморфные, часто рассматриваются как структурные разновидности соответствующих по составу кристаллических видов (например, аморфный лимонит по отношению к гетиту). В других случаях подобные минералы выделяются в общей системе в особые группы (например, группа гидроокислов кремния в классе окислов и гидроокислов). Кроме того, в природе существуют соединения, систематика которых еще не до конца разработа-

на, – это органические минералы, т.е. природные соединения углерода с водородом, серой, азотом, фосфором и др. В существующих классификациях все органические соединения собраны в один тип, включающий один класс, без дальнейшей детализации.

Конечно, не все классы минералов, занимающие принципиально одинаковое положение в систематической классификации, равноценны по роли, которую они играют в земной коре или в хозяйственной деятельности человека. Так, по своему количественному значению в составе земной коры силикаты и алюмосиликаты далеко превосходят все прочие классы минералов, вместе взятые; сульфиды по отношению к другим классам минералов отличаются максимальным числом промышленно ценных минеральных видов и т.д. Это необходимо учитывать, рассматривая приведенную ниже классификацию, с тем, чтобы правильно ориентироваться в обширном и разнообразном мире минералов земной коры.

Современный способ написания химических формул минералов по возможности отражает не только их элементарный состав, но и кристаллическую структуру; так, квадратными скобками в формулах выделяются атомы или группировки атомов (комплексные радикалы), определенным образом связанные друг с другом в кристаллической решетке, а в круглые скобки заключаются химические элементы, способные занимать место друг друга в кристаллической решетке (т.е. обладающие атомами или ионами примерно одинакового размера, близкими химическими свойствами).

Схема современной классификации минералов в общих чертах может быть представлена в следующем виде ( $A$  – катионы;  $X$  или  $[BX_m]$  – анионы;  $n$  или  $m$  – число атомов в формуле):

**Тип 1.  $A, A_n$**

Класс 1. Самородные элементы (простые вещества).

**Тип 2.  $A_nX_m$**

Класс 2. Сульфиды и близкие к ним соединения ( $X = S, Se, Te, As$ ).

Класс 3. Галоидные соединения ( $X = Cl, F, Br, J$ ).

Класс 4. Оксиды и гидроксиды ( $X = O, OH$ ).

**Тип 3.  $A_n [BX_m]$  ( $X$  – обычно  $O$ , иногда с замещением на  $OH, F, Cl$ ).**

Класс 5. Карбонаты ( $B = C$ ).

Класс 6. Сульфаты ( $B = S$ ).

Класс 7. Вольфраматы ( $B = W$ ).

Класс 8. Фосфаты ( $B = P$ ).

Класс 9. Силикаты и алюмосиликаты ( $B = Si, Al$ ).

**Тип 4. Соединения  $C$  с  $H, N, S, P$  и др.**

Класс 10. Органические соединения

Для некоторых классов (особенно силикатов) большую роль играет разделение на кристаллохимические подклассы, которое приведено ниже, при описании соответствующих классов. В пособие включены лишь те наиболее распространенные и практически важные минералы, которые хотя бы в отдельных случаях можно при некотором навыке определить по внешним признакам и физическим свойствам. Учитывая назначение издания, при описании минералов основное внимание уделяется внешним признакам, которые позволяют их диагностировать без применения точных (оптических, механических, рентгенографических, термических, химических и др.) методов исследования. Из свойств, требующих более сложных способов определения, указывается только отношение минералов к кислотам. Определенное место в описаниях уделено происхождению, важнейшим месторождениям, а также общим сведениям, касающимся практического использования минералов.

Для характеристики минералов принята **единая схема описания**:

Название минерала, формула.

Удельный вес. Сингония. Характер и формы выделения. Физические свойства (цвет, черта, прозрачность, блеск, твердость, хрупкость, спайность, излом). Прочие свойства. Разновидности.

Происхождение и месторождения.

Применение.

### ***1.2.1 Самородные минералы***

В самородном состоянии в земной коре устанавливается свыше 30 химических элементов, главным образом металлов. Общее весовое значение их невелико и не превышает 0,1% массы земной коры. Однако число минеральных видов этого класса достигает 80, т.е. оно значительно больше числа элементов в них входящих.

#### **Группа золота**

##### ***1. Медь – Cu***

Удельный вес 8,4–8,9. Сингония кубическая. Агрегаты: сплошные массы, плоские дендриты, моховидные выделения. Цвет медно-красный или коричневый, с зеленоватым или бурым оттенком. Черта медно-красная, металлическая. Непрозрачна. Блеск типичный металлический. Твердость 2,5–3,0. Очень ковкая. Спайность отсутствует. Излом занозистый, крючковатый. Электропроводность очень высокая. Обычно химически чистая, иногда содержит примеси Au до 2–3%, Ag, Fe.

Происхождение и месторождения – в зоне окисления сульфидных месторождений, реже гидротермальное; США (Мичиган), Казахстан, Урал.

Применение – является составной частью медных руд, используется в электротехнике и т.д.

## **2. Серебро – Ag**

Удельный вес 10,1–11,1. Сингония кубическая. Агрегаты: кристаллы редки, чаще встречается в виде пластин, дендритов, проволочных форм. Цвет серебряно-белый. Черта металлическая, блестящая. Непрозрачно. Блеск металлический. Твердость около 2,5. Очень ковко. Спайность отсутствует. Излом занозистый, крючковатый. Электропроводность наивысшая. Разновидности: кюстелит – примесь Au до 10%, медистое серебро, сурьмянистое серебро.

Происхождение и месторождения – в зоне окисления сульфидных месторождений, реже гидротермальное; Норвегия, Урал, Алтай, Казахстан, Восточная Сибирь.

Применение – в ювелирном деле, электротехнике, производстве физических и химических приборов и т.д.

## **3. Золото – Au**

Удельный вес 19,3–19,7 (для чистого золота – 19,3). Сингония кубическая. Агрегаты: кристаллы встречаются редко, обычно неправильные формы зерен различного размера, встречаются крупные самородки. Цвет золотисто-желтый. Черта металлическая, желтая. Непрозрачно. Блеск металлический. Твердость 2,5–3,0. Ковко, тягуче. Спайность отсутствует. Излом крючковатый. Электропроводность высокая. В кислотах не растворяется. В химически чистом виде редко, обычно содержит примесь Ag (до 15%), Cu, Pd, Ir, Bi. Разновидности: медистое золото содержит Cu до 15%, порпецит – Pd до 10%.

Происхождение и месторождения – гидротермальное высокотемпературное и в зоне окисления сульфидных месторождений; Урал, Северо-Восточная Сибирь, ЮАР, запад США, Аляска, Канада.

Применение – основной валютный металл, ювелирная промышленность, физические и химические приборы.

## **Группа серы**

### **4. Сера – S**

Удельный вес 2,05–2,08. Сингония ромбическая. Агрегаты сплошные, землистые массы, натечные формы, налеты. Цвет желтый, бурый. Черты почти не дает, порошок слабо-желтый. В кристаллах просвечивает. Блеск на гранях алмазный, в изломе жирный. Твердость 1,0–2,0. Хрупка. Спайность несовершенная. Излом неровный. Имеет примеси Se, Te, As.

Происхождение и месторождения – вулканическое, при разложении сульфидов в зоне окисления рудных месторождений, биохимическим путем; Узбекистан, Туркменистан, Сицилия, США (Техас, Луизиана).

Применение – производство серной кислоты, в сельском хозяйстве, резиновая промышленность, в пиротехнике.

### **Группа углерода**

#### **5. Алмаз – С**

Удельный вес – 3,47–3,56. Сингония кубическая. Размеры кристаллов варьируют от мельчайших до очень крупных. Крупнейшие кристаллы весили (в каратах): «Куллинан» – 3025, «Эксцельсиор» – 969,5, «Звезда Африки» – 502,5, «Виктория» – 457,0, «Орлов» – 199,6. Цвет чистый бесцветный, примеси SiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, FeO, TiO дают голубой, желтый, бурый и другие цвета. Черты не дает. Прозрачный. Блеск сильный алмазный. Твердость 10,0. Абсолютная твердость в 1000 раз больше твердости кварца и в 150 раз – корунда. Хрупок. Спайность средняя. Излом неровный. Разновидности: борт – неправильной формы сростки, карбонадо – тонкозернистые пористые агрегаты черного цвета.

Происхождение и месторождения: магматическое в ультраосновных породах; ЮАР, Конго (Заир), Саха (Якутия), Бразилия, Индия.

Применение: ювелирное дело, для технических целей в различных отраслях обрабатывающей промышленности.

#### **6. Графит – С**

Удельный вес 2,09–2,23. Сингония гексагональная. Агрегаты тонко-чешуйчатые. Цвет железно-черный до стально-серого. Черта черная. Непрозрачен. Блеск металловидный. Твердость 1,0. Жирен на ощупь. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный. Электропроводность высокая.

Происхождение и месторождения – магматическое, пегматитовое, метаморфическое; Канада, Россия, Украина.

Применение – для изготовления тиглей, в литейном деле, производстве электродов, карандашей, смазок и т.д.

### **1.2.2 Сульфиды и близкие к ним соединения**

Относимые в этот класс минералы являются сернистыми, селенистыми, теллуристыми, мышьяковистыми и сурьмянистыми соединениями металлов. По В.И. Вернадскому они составляет 0,15% от веса земной коры. По численности минералов класс занимает второе место после силикатов, заключая в себе до 350 видов.

#### **Группа галенита**

##### **1. Галенит – PbS (свинцовый блеск)**

Удельный вес 7,6. Сингония кубическая. Агрегаты: кристаллы в друзовых пустотах, зернистые массы, вкрапления неправильной формы. Цвет свинцово-серый. Черта серовато-черная. Непрозрачен. Блеск металличе-

ский. Твердость 2,5. Спайность весьма совершенная. Разновидность – селенистый галенит.

Происхождение и месторождения – гидротермальное среднетемпературное, характерен парагенезис со сфалеритом; Северный Кавказ, Казахстан, Таджикистан, Забайкалье, США (Миссури, Колорадо).

Применение – главная свинцовая руда.

### **Группа сфалерита**

#### **2. Сфалерит – $ZnS$ (цинковая обманка)**

Удельный вес 4,0. Сингония кубическая. Агрегаты: сплошные массы с явно зернистой структурой, реже почковидные образования. Цвет черный, бурый, желтый и бесцветный. Черта белая или светло-желтая. Непрозрачен. Блеск алмазный. Твердость 3,0–4,0. Хрупок. Спайность весьма совершенная. Разновидности: марматит – черный, клейофан – бесцветный.

Происхождение и месторождения – постмагматическое от скарнового до гидротермального, характерен парагенезис с галенитом; Северный Кавказ, Таджикистан, Украина, Урал, Чехия, Швейцария, Испания.

Применение – главная цинковая руда.

#### **3. Киноварь – $HgS$**

Удельный вес 8,09. Сингония тригональная. Агрегаты: неправильные зерна, сплошные массы, порошковатые образования. Цвет красный иногда со свинцово-серой побежалостью. Черта красная. Полупрозрачна. Блеск сильный полуметаллический, алмазный. Твердость 2,0–2,5. Хрупка. Спайность довольно совершенная по двум направлениям. Разновидности: кубическая модификация  $HgS$  носит название метациннабарит.

Происхождение и месторождения – гидротермальное низкотемпературное; Испания, Украина, Кыргызстан, Таджикистан, Италия, Словения, Черногория, Горный Алтай, Чукотка, Китай, США (Калифорния, Невада).

Применение – единственная руда на ртуть.

### **Группа халькопирита**

#### **4. Халькопирит – $CuFeS_2$ (медный колчедан)**

Удельный вес 4,1–4,3. Сингония тетрагональная. Агрегаты: сплошные массы, неправильной формы вкрапления. Цвет латунно-желтый, часто с темно-желтой побежалостью. Черта черная с зеленоватым оттенком. Непрозрачен. Блеск сильный металлический. Твердость 3,0–4,0. Довольно хрупок. Спайность несовершенная. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – магматогенное (в основных магмах), чаще гидротермальное (вместе с другими сульфидами); Урал, Закавказье, Хакасия, Казахстан, Чили, Конго (Заир), США (Юта).

Применение – главный источник меди.

### **Группа аурипигмента**

#### **5. Аурипигмент – $As_2S_3$**



Удельный вес 3,4–3,5. Сингония моноклинная. Агрегаты: шестоватые, иногда гроздевидные и почкообразные массы с радиально-лучистым строением. Цвет лимонно-желтый, иногда с буроватым оттенком. Черта лимонно-желтая. Полупрозрачен. Блеск от алмазного до полуметаллического. Твердость 1,0–2,0. Спайность совершенная по одному направлению. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное низкотемпературное, реже экзогенное; США (Невада, Юта), Македония, Киргизия.

Применение – для извлечения мышьяка, в химической промышленности, красильном и кожевенном деле.

#### **Группа антимонита**

##### **6. Антимонит – $Sb_2S_3$ (сурьмяный блеск)**

Удельный вес 4,6. Сингония ромбическая. Агрегаты: сплошные зернистые, радиально-лучистые, реже спутанно-волокнистые формы. Цвет свинцово-серый, иногда с темно-синеватой побежалостью. Черта свинцово-серая. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 2,0–2,5. Хрупок. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное низкотемпературное; Красноярский край, Кыргызстан, Таджикистан, Украина, Китай, Япония, Турция.

Применение – главная руда на сурьму.

#### **Группа молибденита**

##### **7. Молибденит – $MoS_2$**

Удельный вес 4,7–5,0. Сингония гексагональная. Агрегаты: листоватые или чешуйчатые образования. Цвет свинцово-серый. Черта серая с зеленоватым оттенком. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 1,0. Жирен на ощупь. Спайность весьма совершенная по одному направлению. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное низкотемпературное; Узбекистан, Армения, Западная Сибирь, США (Колорадо).

Применение – единственная руда на молибден.

#### **Группа пирита**

##### **8. Пирит – $FeS_2$ (серный колчедан)**

Удельный вес 4,9–5,2. Сингония кубическая. Агрегаты: вкрапленные кристаллики или округлые зерна. Цвет светлый латунно-желтый, иногда с желтовато-бурой побежалостью. Черта зеленовато-черная. Непрозрачен. Блеск сильный металлический. Твердость 6,0–6,5. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный, иногда раковистый.

Происхождение и месторождения – магматическое, контактово-метасоматическое, гидротермальное, осадочное; Урал, Северный Кавказ, Азербайджан, Казахстан, Таджикистан.

Применение – для производства серной кислоты.

### **9. Марказит – $FeS_2$**

Удельный вес 4,6–4,9. Сингония ромбическая. Агрегаты: конкреции, иногда натечные или неправильной формы образования. Цвет латунно-желтый с сероватым оттенком. Черта темная зеленовато-серая. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 5,0–6,0. Хрупок. Спайность ясно выраженная в одном направлении. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное низкотемпературное, осадочное; Германия, Урал, Россия (Новгородская область).

Применение – для производства серной кислоты.

### **10. Арсенипирит – $FeAsS$ (мышьяковый колчедан)**

Удельный вес 5,9–6,2. Сингония моноклинная. Агрегаты: в сплошных массах зернистые и шестоватые. Цвет оловянно-белый до стально-серого. Черта серовато-черная, иногда с буроватым оттенком. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 5,5–6,0. Хрупок. Спайность совершенная.

Происхождение и месторождения – контактово-метасоматическое и гидротермальное высокотемпературное; Урал, Узбекистан, Восточная Сибирь, Швеция.

Применение – основное сырье для получения различных соединений мышьяка.

## **1.2.3 Галоидные соединения**

Минералы этого класса являются солями галоидных кислот HF, HI, HCl, HBr. Существенную роль играют хлориды Na, K, Mg, в меньшей степени – фториды Ca, Na, Al. Класс насчитывает около 100 видов, но составляет менее 0,1% от веса земной коры.

### **Группа флюорита**

#### **1. Флюорит – $CaF_2$ (плавиковый шпат)**

Удельный вес 3,0–3,2. Сингония кубическая. Агрегаты: вкрапленники, сплошные зернистые, реже землистые массы. Цвет зеленый, фиолетовый, голубой, желтый. Черта бесцветная. Прозрачный. Блеск стеклянный. Твердость 4,0. Хрупок. Спайность совершенная. Часто проявляется флюоресценция.

Происхождение и месторождения – главным образом гидротермальное средне- и низкотемпературное, а также осадочное; Забайкалье, Узбекистан, Таджикистан, Европейский центр России.

Применение – в металлургии, химической промышленности, оптике.

### **Группа галита**

#### **2. Галит – $NaCl$ (каменная соль)**

Удельный вес 2,1–2,2. Сингония кубическая. Агрегаты: крупнокристаллические массы, рыхлые или плотные кристаллически-зернистые корки. Цвет белый или серый. Черта белая или серая. Прозрачен. Блеск стеклянный, жирный. Твердость 2,0. Хрупок. Спайность весьма совершенная. Вкус соленый.

Происхождение и месторождения – осадочное из химических растворов; Россия, Украина, Беларусь, Польша, Германия, Индия, Китай, США.

Применение – в пищевой и химической промышленности.

### **3. Сильвин – KCl (калийная соль)**

Удельный вес 1,97–1,99. Сингония кубическая. Агрегаты: сплошные зернистые массы, иногда слоистой текстуры. Цвет белый, красный, синий (за счет примесей). Черта белая. Прозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 1,5–2,0. Хрупок. Спайность весьма совершенная. Вкус горько-соленый.

Происхождение и месторождения – осадочное из химических растворов; Россия (Пермский край), Беларусь, Германия.

Применение – в химической промышленности для нужд сельского хозяйства.

### **4. Карналлит – $KMgCl_3 \times 6H_2O$ .**

Удельный вес 1,6. Сингония ромбическая. Агрегаты: сплошные зернистые массы. Цвет белый, красный, синий (за счет примесей). Черта бесцветная. Прозрачен. Блеск стеклянный, жирный. Твердость 2,5. Хрупкий. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Вкус горько-соленый.

Происхождение и месторождения – осадочное из химических растворов; Россия (Пермский край), Украина, Германия.

Применение – в химической промышленности.

## **1.2.4 Оксиды и гидроксиды**

Класс объединяет простейшие соединения металлов и металлоидов с кислородом и гидроксидом. В простейшие соединения с кислородом в том или ином виде входят около 40 элементов. Наиболее распространенными соединениями являются кварц, оксиды и гидроксиды железа, марганца, алюминия. На их долю приходится около 17% веса земной коры (в том числе на долю кремнезема 12,6%). Число минералов класса более 200.

### **Группа корунда – ильменита**

#### **1. Корунд – $Al_2O_3$**

Удельный вес 3,95–4,10. Сингония тригональная. Агрегаты: вкрапленники, реже сплошные зернистые массы. Цвет синеvато-серый, иногда желтовато-серый. Черты не дает. Непрозрачен или прозрачен. Прозрачные разновидности: синий – сапфир, красный – рубин, желтый – восточный топаз, фиолетовый – восточный аметист, зеленый – восточный изумруд.

Блеск стеклянный. Твердость 9,0. Спайность отсутствует. Излом неровный. В кислотах не растворяется.

Происхождение и месторождения – контактово-метасоматическое, метаморфическое, в россыпях; Казахстан, Урал, Индия, Мьянма, Таиланд.

Применение – в ювелирном деле и как абразивный материал.

### **2. Гематит – $Fe_2O_3$ (красный железняк)**

Удельный вес 5,0–5,2. Сингония тригональная. Агрегаты: сплошные массы, чешуйчатые (железная слюдка), почкообразные формы с радиальным строением. Цвет железо-черный до стально-серого. Черта вишнево-красная. Непрозрачен. Блеск полуметаллический. Твердость 5,5–6,0. Спайность отсутствует. Излом неровный. Характерна грубая отдельность.

Происхождение и месторождения – главные скопления образуются при региональном метаморфизме, также магматическое, пегматитовое, гидротермальное и гипергенное; Украина (Кривой Рог), Казахстан, Северный Урал, США (Иллинойс), Бразилия.

Применение – важная железная руда.

### **Группа шпинели**

### **3. Магнетит – $Fe_3O_4$ (магнитный железняк)**

Удельный вес 4,9–5,2. Сингония кубическая. Агрегаты: большей частью сплошные, зернистые массы. Цвет железо-черный, иногда с синей побежалостью. Черта черная. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 5,5–6,0. Хрупок. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный. Иногда наблюдается отдельность. Сильно магнитен. Разновидности – титаномагнетит – с  $TiO_2$ , хромомангнетит – с  $Cr_2O_3$ .

Происхождение и месторождения – главным образом скарновое и метаморфическое, а также магматическое, пегматитовое, гидротермальное; Россия (КМА, Урал), Украина (Кривой Рог), Швеция, Казахстан, США (Иллинойс).

Применение – важная железная руда.

### **4. Хромит – $FeCr_2O_4$ (хромистый железняк)**

Удельный вес 4,0–4,8. Сингония кубическая. Агрегаты: сплошные зернистые вкрапления, иногда плотные массы. Цвет железо-черный. Черта бурая. Непрозрачен. Блеск металлический. Твердость 5,5–7,5. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный. Иногда сильно магнитен. Разновидности: магнохромит  $(Mg,Fe)Cr_2O_4$ , алюмохромит  $Fe(Cr,Al)_2O_4$ .

Происхождение и месторождения – раннемагматическое в ультраосновных породах; Урал, Армения, Турция, юго-восток Африки.

Применение – главная руда на хром.

### **Группа рутила**

### **5. Касситерит – $SnO_2$ (оловянный камень)**

Удельный вес 6,8–7,0. Сингония тетрагональная. Агрегаты: обычно вкрапления кристалликов или зерен неправильной формы. Цвет редко бесцветный, чаще примесями Fe, Nb, Ta и Mn окрашен в темно-бурый до смоляно-черного. Черта светло-бурая. Непрозрачен. Блеск алмазный, в изломе – смоляной, жирный. Твердость 6,0–7,0. Хрупок. Спайность несовершенная. Излом часто раковистый. Немагнитен.

Происхождение и месторождения – магматическое, грейзеновое, гидротермальное, реже пегматитовое; Забайкалье, Таджикистан, Восточная Сибирь, Боливия.

Применение – единственная руда на олово.

#### **6. Пиролозит – $MnO_2$ .**

Удельный вес 4,7–5,0. Сингония тетрагональная. Агрегаты: столбчатые или волокнистые образования, натечные землистые массы, почковидные конкреции, оолиты. Цвет черный до стально-серого. Черта черная. Непрозрачен. Блеск полуметаллический или матовый. Твердость от 2,5 до 5,5. Очень хрупок. Спайность совершенная.

Происхождение и месторождения – осадочное, в месторождениях лагунно-дельтового и глубоководного типа, гипергенное, реже гидротермальное или метаморфогенное; Грузия, Украина, Индия, Западная Африка.

Применение – главная руда на марганец.

#### **Группа кварца**

#### **7. Кварц – $SiO_2$**

Удельный вес 2,5–2,8. Сингония тригональная. В природных условиях встречается  $\alpha$ -кварц – устойчивая при низких температурах (до 575°C) модификация ( $\beta$ -кварц высокотемпературный, кристаллизуется в гексагональной сингонии). Скрытокристаллическая форма проявления кварца – халцедон (агрегат его тончайших иголок). Агрегаты: чаще сплошные, плотные, зернистые массы, в пустотах – друзы. Халцедон, выполняющий миндалины или жеоды, называется агатом, имеющий параллельную плоскостность – ониксом. Цвет различный, часто бесцветный или молочно-белый. Прозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 7,0. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Разновидности **кварца**: горный хрусталь – бесцветный, раухтопаз – дымчатый, морион – черный, аметист – фиолетовый, празем – зеленый, цитрин – золотисто-желтый, авантюрин – буровато-красный; **халцедона**: сапфирин – синий, сердолик (карнеол) – красный, сардер – буро-коричневый, плазма – темно-зеленый, хризопраз – яблочно-зеленый.

Происхождение и месторождения – кварц очень широко распространен, является породообразующим минералом многих магматических пород, пегматитов, гидротермальных образований (кварцевые жилы), образуется в зонах метаморфизма и в экзогенных условиях; Украина, Закавказье, Урал, Забайкалье, Памир, Индия, Бразилия, Уругвай, Мадагаскар.

Применение – в качестве поделочных камней, в промышленности стройматериалов, как керамическое сырье, в стекольном деле, в оптике и радиотехнике (пьезокварц).

#### **8. Опал – $SiO_2 \times nH_2O$ .**

Удельный вес 1,9–2,5. Типичный твердый гидрогель. Агрегаты: плотные стеклоподобные массы с натечной внешней формой. Цвет бесцветный, желтый, бурый, красный, зеленый, черный. Полупрозрачен. Блеск стеклянный, матовый, восковой. Твердость 5,0–5,5. Хрупкий. Разновидности – благородный опал – белый или голубой, гиалит – бесцветный, кахолонг – молочно-белый, восковой опал – медово-желтый, празопал – зеленый, гидрофан – серый, пористый, но в воде – прозрачный.

Происхождение и месторождения – главным образом в коре выветривания при разложении силикатов (особенно ультраосновных пород), осадочным путем в процессе коагуляции золь кремнезема, из гидротермальных источников и гейзеров; Северная Африка, Италия, Чехия, Европейская часть России, Закавказье, Урал, Таджикистан, Австралия.

Применение – поделочные камни, абразивы и др.

#### **Группа гидраргиллита**

#### **9. Гидраргиллит – $Al(OH)_3$ (гиббсит).**

Удельный вес 2,43. Сингония моноклиная. Агрегаты: скрытокристаллические, почти аморфные выделения, оолитовые конкреции, натечные образования. Цвет белый, желтоватый, сероватый, красно-бурый. Черта белая. Непрозрачен. Блеск стеклянный, перламутровый. Твердость 2,5–3,5. Спайность весьма совершенная.

Происхождение и месторождения – экзогенное при латеритном выветривании полевых шпатов и других алюмосиликатов (остаточные и осадочные месторождения), реже гидротермальное низкотемпературное; Средний и Южный Урал, Европейская часть России.

Применение – один из основных источников глинозема.

#### **Группа лепидокрокита – гетита**

#### **10. Лимонит – $Fe_2O_3 \times nH_2O$ (бурый железняк)**

Удельный вес 3,3–4,0. Сингония ромбическая. Агрегаты: гладкие сфероидальные или концентрические скорлуповатые формы с радиально-лучистой структурой, плотные бурые образования, оолитовые конкреции, жеоды. Цвет желто-бурый до черного. Черта светло-бурая. Непрозрачен. Блеск матовый. Твердость 1,0–4,0. Спайность несовершенная. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – типичное гипергенное или осадочное; Украина, Европейская часть России, Урал.

Применение – руда на железо.

### **1.2.5 Карбонаты**

Минералы представляют собой соли угольной кислоты. Класс включает около 80 минеральных видов, многие из которых пользуются сравнительно широким распространением в природе. По массе они составляют около 1,7% веса земной коры.

#### **Группа кальцита**

##### **1. Кальцит – $\text{CaCO}_3$ (известковый шпат)**

Удельный вес 2,6–2,8. Сингония тригональная. Агрегаты: друзы, натечные формы, сплошные зернистые образования. Цвет бесцветный, молочно-белый, примесями окрашен в желтые, красные, бурые и черные цвета. Черта белая, светло-желтая. Полупрозрачная разновидность – мраморный оникс, прозрачная – исландский шпат. Блеск стеклянный. Твердость 3,0. Спайность совершенная.

Происхождение и месторождения – осадочное, особенно в морских бассейнах, гидротермальное, гипергенное; Восточная Сибирь, Таджикистан, Урал, Забайкалье, Карелия, Исландия, Италия, Греция.

Применение – в химической промышленности, металлургии, строительстве, оптике, ювелирном деле.

##### **2. Арагонит – $\text{CaCO}_3$**

Удельный вес 2,9–3,0. Сингония ромбическая. Агрегаты: натечные формы, сталактиты и сталагмиты. Цвет белый, желтовато-белый, иногда серый. Черта белая или светло-желтая. Иногда прозрачен. Блеск стеклянный, в изломе – жирный. Твердость 3,5–4,0. Хрупок. Спайность несовершенная. Излом раковистый. Разновидности: перламутр и жемчуг.

Происхождение и месторождения – осадочное, гипергенное, гидротермальное низкотемпературное; Южный Урал, Чехия, Италия, Греция.

Применение – практического значения не имеет, исключая жемчуг.

##### **3. Магнезит – $\text{MgCO}_3$**

Удельный вес 2,9–3,1. Сингония тригональная. Агрегаты: зернистые, землистые, плотные массы. Цвет бесцветный, белый, желтый. Черта белая или желтая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 4,0–4,5. Спайность совершенная. Излом у плотных разновидностей раковистый.

Происхождение и месторождения – гидротермальное (замещение известняков восходящими магнезиальными растворами), осадочное (отложение из химических растворов), а также гипергенное (в результате разложения ультраосновных пород); Южный Урал, Дальний Восток, Корея, Китай, Чехия, Австрия.

Применение – для получения огнеупоров, в строительном деле.

##### **4. Доломит – $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$**

Удельный вес 1,8–2,9. Сингония тригональная. Агрегаты: кристаллически-зернистые, часто пористые. Цвет серовато-белый, желтоватый, буроватый. Черта белая или желтовато-бурая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 3,5–4,0. Хрупок. Спайность совершенная.

Происхождение и месторождения – осадочное, особенно в морских бассейнах; гидротермальное низкотемпературное; Урал, Донбасс, Поволжье, Беларусь, Казахстан.

Применение – как строительный камень, в цементном производстве, металлургии, химической промышленности.

#### **5. Сидерит – $FeCO_3$ (железный шпат)**

Удельный вес 3,9. Сингония тригональная. Агрегаты: главным образом кристаллические зернистые массы. Цвет желтовато-белый, сероватый. Черта белая или желтовато-серая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 3,5–4,5. Хрупок. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное (жилы и метасоматические залежи в известняках), осадочное (в лагунах, заливах или в глубоководных участках морских бассейнов); Урал, Украина, Австрия, Германия, Испания, Великобритания.

Применение – руда на железо.

#### **6. Смитсонит – $ZnCO_3$ (цинковый шпат).**

Удельный вес 4,1–4,5. Сингония тригональная. Агрегаты: обычно землистые или плотные скрытокристаллические массы, пористые образования. Цвет белый с зеленоватым или буроватым оттенком. Черта светлая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 5,0. Спайность средняя. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – в нижних горизонтах зоны окисления свинцово-цинковых месторождений, залегающих в известняках; Южный Казахстан, Восточное Забайкалье, США (Колорадо).

Применение – руда на цинк.

#### **Группа малахита**

#### **7. Малахит – $CuCO_3 \cdot x Cu(OH)_2$**

Удельный вес 3,9–4,0. Сингония моноклинная. Агрегаты: обычно наблюдается в массах натечной формы, иногда с радиально-волокнистым строением, реже в виде землистых разностей (медная зелень). Цвет зеленый. Черта бледно-зеленая. Непрозрачен. Блеск стеклянный до алмазного, реже шелковистый. Твердость 3,5–4,0. Спайность совершенная в одном направлении и средняя – в другом. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – исключительно в зонах окисления медных сульфидных месторождений; Урал, Конго (Заир).



Применение – плотные натечные разности – для поделок и мозаичных работ, мелкие зерна – для красок, вкрапленные и землистые разности – для выплавки меди.

#### **8. Азурит – $2\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$ (медная лазурь)**

Удельный вес 3,7–3,9. Сингония моноклинная. Агрегаты: чаще сплошные зернистые массы, иногда радиально-лучистые, реже корки. Цвет темно-синий. Черта голубая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 3,5–4,0. Хрупок. Спайность совершенная в одном направлении и несовершенная – в другом. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – исключительно в зонах окисления медных сульфидных месторождений; Урал, Конго (Заир).

Применение – для выплавки меди и для изготовления синей краски.

### **1.2.6 Сульфаты**

Минералы являются солями серной кислоты. Среди более 250 минералов этого класса наблюдается большое разнообразие соединений, однако число устойчивых и широко распространенных в земной коре сульфатов сравнительно невелико (они составляют около 0,1% массы земной коры).

#### **Группа барита**

##### **1. Барит – $\text{BaSO}_4$ (тяжелый шпат)**

Удельный вес 4,3–4,5. Сингония ромбическая. Агрегаты: чаще всего зернистые, реже плотные. Цвет бесцветный, белый, серый, красный, бурый, реже зеленоватый или голубой. Черта белая или светлая. Иногда полупрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 3,0–3,5. Хрупок. Спайность совершенная в одном направлении и средняя – в другом. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – чаще всего гидротермальное, реже осадочное или гипергенное; Туркменистан, Грузия, Германия.

Применение – в химической промышленности, в строительном деле.

##### **2. Ангидрит – $\text{CaSO}_4$**

Удельный вес 2,8–3,0. Сингония ромбическая. Агрегаты: сплошные зернистые массы. Цвет белый, голубой, серый. Черта светлая. Иногда полупрозрачен. Блеск стеклянный, перламутровый. Твердость 3,0–3,5. Спайность совершенная в одном направлении и средняя – в двух других. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – главным образом осадочное, реже гидротермальное; Приуралье, Европейская часть России, Донбасс.

Применение – для производства цементов, поделок и др.

#### **Группа гипса**

##### **3. Гипс – $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$**

Удельный вес 2,3. Сингония моноклинная. Агрегаты: друзы, плотные, сахаровидные, пластинчатые, волокнистые разности (селенит). Цвет бесцветный, белый, серый, желтоватый, буроватый. Черта белая. Иногда полупрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 1,5–2,0. Весьма хрупок. Спайность весьма совершенная. Хорошо растворяется в теплой воде.

Происхождение и месторождения – осадочное, гипергенное, гидротермальное; Европейская часть России, Северный Кавказ, Туркменистан.

Применение – для лепки, в хирургии, строительном деле и др.

### **1.2.7 Вольфраматы**

Среди немногочисленных минералов этого класса встречаются важные в промышленном отношении минералы.

#### **Группа вольфрамита**

##### **1. Вольфрамит – $(Mn,Fe)WO_4$ (железный волчец)**

Удельный вес 6,7–7,5. Сингония моноклинная. Агрегаты: отдельные кристаллы призматической формы, сплошные крупнозернистые образования. Цвет буровато-черный, иногда с красноватым оттенком. Черта бурая или желтовато-бурая. Непрозрачен. Блеск зеркальный, алмазный, жирный. Твердость 4,5–5,5. Хрупкий. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный с типичной штриховкой. Богатые железом разности слабо магнитны. Разновидности: ферберит –  $FeWO_4$ , гюбнерит –  $MnWO_4$ .

Происхождение и месторождения – гидротермальное высокотемпературное, грейзеновое, пегматитовое; Южный Китай, Вьетнам, Мьянма, Малайзия, США (Колорадо, Южная Дакота, Невада), Португалия, Испания.

Применение – главный источник вольфрама, используемого в черной металлургии, электротехнике, химической промышленности.

### **1.2.8 Фосфаты**

К этому классу относится сравнительно большое число разнообразных по составу минеральных видов. Общее весовое количество их в земной коре, однако, относительно невелико – 0,7%.

#### **Группа апатита**

##### **1. Апатит – $Ca_5[PO_4]_3F,Cl$**

Удельный вес 3,18–3,21. Сингония гексагональная. Агрегаты: зернистые, плотные, тонкокристаллические, иногда землистые массы. В осадочных породах большим распространением пользуются различные конкреционные формы скоплений апатита, носящие общее название фосфоритов. Обычно они содержат многочисленные включения песчинок посторонних минералов (кварца, глауконита, кальцита). Цвет белый, бледно-зеленый,

желтый, бурый, фиолетовый. Черта светлая. Часто прозрачен. Блеск стеклянный, на поверхностях излома – жирный. Твердость 5,0. Спайность несовершенная. Излом неровный, иногда раковистый.

Происхождение и месторождения – магматическое, контактово-метасоматическое, гидротермальное высокотемпературное, для фосфоритов – осадочное или гипергенное; Кольский полуостров, Прибайкалье, фосфориты – Украина, Казахстан, запад США, Северная Африка.

Применение – в химической промышленности для приготовления искусственных удобрений и др.

### **1.2.9 Силикаты**

Силикаты – соли кремниевых и алюмокремниевых кислот. Это самый многочисленный класс минералов. На их долю приходится примерно одна треть известных в природе минеральных видов. Количественное значение их окажется еще разительнее, если принять во внимание степень распространенности и весовые количества их в земной коре. По А.Е. Ферсману силикаты составляют более 75% веса земной коры. Силикаты являются важнейшими породообразующими минералами, они слагают магматические горные породы, значительную часть метаморфических и обломочных осадочных горных пород. Значительную роль они играют в минеральном составе месторождений как носители ценных металлов (Ni, Be, Zr, Cs, Rb и др.), многие силикаты сами являются полезными ископаемыми (слюды, глины и т.д.). Силикаты имеют сложный состав и внутреннее строение. Классификация силикатов, построенная А.Г. Бетехтиным на основании особенностей их химического состава с обязательным учетом типов их кристаллических структур, выглядит следующим образом:

1. Силикаты с изолированными тетраэдрами  $\text{SiO}_4$  в кристаллических структурах.

2. Силикаты с изолированными группами тетраэдров  $\text{SiO}_4$  в кристаллических структурах.

3. Силикаты с непрерывными цепочками тетраэдров  $\text{SiO}_4$  в кристаллических структурах.

4. Силикаты с непрерывными слоями тетраэдров  $\text{SiO}_4$  в кристаллических структурах.

5. Силикаты с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров  $(\text{Si,Al})\text{O}_4$  в кристаллических структурах.

Ниже приводится характеристика наиболее распространенных минералов в соответствии с данной классификацией.

#### **Силикаты с изолированными тетраэдрами $\text{SiO}_4$ в кристаллических структурах**

## Группа циркона

### 1. Циркон – $ZrSiO_4$ (цирконит).

Удельный вес 4,68–4,70. Сингония тетрагональная. Агрегаты: хорошо выраженные кристаллы, реже неправильные зерна. Цвет бесцветный, желтый, оранжевый, красный, реже зеленый. Прозрачен. Блеск алмазный, иногда жирный. Твердость 7,0–8,0. Хрупкий. Спайность несовершенная. Излом неровный, раковистый. Иногда радиоактивен (содержит примеси урана или тория).

Происхождение и месторождения – магматическое, пегматитовое, россыпное; Норвегия, Шри-Ланка, Мадагаскар, Бразилия, Австралия.

Применение – ювелирное дело, металлургия, приборостроение.

## Группа топаза

### 2. Топаз – $Al_2[SiO_4][F,OH]_2$

Удельный вес 3,52–3,57. Сингония ромбическая. Агрегаты: хорошо образованные кристаллы. Цвет прозрачный, светло-желтый, голубой, фиолетовый, зеленый, розовый. Прозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 8,0. Спайность совершенная в одном направлении. Излом раковистый.

Происхождение и месторождения – пегматитовое, грейзеновое, гидротермальное, россыпи; Урал, Украина (Волынь), Сибирь, Бразилия.

Применение – драгоценный камень.

## Группа дистена

### 3. Дистен – $Al_2O[SiO_4]$ (кианит).

Удельный вес 3,56–3,68. Сингония триклинная. Агрегаты: чаще всего длинные столбчатые кристаллы, иногда сростки. Цвет голубой, синий, иногда зеленый, желтый или бесцветный. Полупрозрачен. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Твердость неодинакова в различных направлениях – от 4,5 до 7,0. Хрупок. Спайность совершенная в одном направлении. Характерна отдельность.

Происхождение и месторождения – метаморфическое; Южный Урал, Северная Индия, США (Северная Каролина).

Применение – источник глинозема, а также в производстве огнеупорных и кислотоупорных изделий, специальных изоляторов.

## Группа граната

### 4. Гранаты – $(Mg,Fe,Mn)_3Al_2[SiO_4]_3$ и $Ca_3(Al,Fe,Cr)_2[SiO_4]_3$

Обширная группа минералов двух изоморфных рядов кристаллизующихся в кубической сингонии:

**Альмандиновый ряд** –  $(Mg,Fe,Mn)_3Al_2[SiO_4]_3$  – пироп, альмандин, спессартин.

**Андрадитовый ряд** –  $Ca_3(Al,Fe,Cr)_2[SiO_4]_3$  – гроссуляр, андрадит, уваровит.

Удельный вес 3,5–4,2. Сингония кубическая. Агрегаты: часто встречаются в виде сплошных зернистых масс. Цвет варьирует весьма широко. Пироп – темно-красный, черный. Альмандин – буро-красный, черный. Спессартин – темно-красный, оранжево-желтый. Гроссуляр – медово-желтый, бледно-зеленый, красный. Андрадит – желтый, зеленый, буро-красный. Уваровит – изумрудно-зеленый. Прозрачны или полупрозрачны. Блеск жирный, стеклянный, иногда алмазный. Твердость 6,5–7,5. Спайность несовершенная или отсутствует. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – главным образом контактово-метасоматическое и метаморфическое; Кольский полуостров, Урал, Шри-Ланка, Восточная Сибирь, Германия, Чехия.

Применение – в ювелирном деле, как полудрагоценные камни; в качестве абразивного материала.

### **Силикаты с изолированными группами тетраэдров $\text{SiO}_4$** **в кристаллических структурах**

#### **Группа эпидота**

##### **5. Эпидот – $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}[\text{OH}]$ .**

Удельный вес 3,35–3,45. Сингония моноклинная. Агрегаты: обычно сплошные, зернистые, шестоватые или лучистые. Цвет фиштакково-зеленый и желто-зеленый до черного. Черта бесцветная. В тонких шлифах полупрозрачен. Блеск стеклянный, сильный. Твердость 6,5. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – гидротермальное и контактово-метасоматическое; Урал, Кавказ, Казахстан, Кыргызстан, Камчатка.

Применение – породообразующий минерал.

#### **Группа берилла**

##### **6. Берилл – $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$**

Удельный вес 2,63–2,91. Сингония гексагональная. Агрегаты: одиночные вкрапленные кристаллы, иногда друзы. Цвет зеленовато-белый, желтый, желтовато-зеленый, голубой, ярко-зеленый, реже розовый. Прозрачен или полупрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 7,5–8,0. Хрупок. Спайность несовершенная. Излом неровный, часто раковистый. Разновидности: изумруд – густо окрашенный ярко-зеленый; аквамарин – прозрачный светло-голубой; воробьевит – розовый; гелиодор – прозрачный желтый.

Происхождение и месторождения – пегматитовое, грейзеновое, россыпное; Урал, Алтай, Забайкалье, США (Мэн), Колумбия, Бразилия.

Применение – источник бериллия, ювелирное дело.

#### **Группа эвдиалита**

##### **7. Эвдиалит – $(\text{Na,Ca,Fe,Mn})_6\text{ZrSi}_6\text{O}_{18}[\text{OH,Cl}]$ .**

Удельный вес 2,84–2,98. Сингония тригональная. Агрегаты: отдельные кристаллы пластинчатой формы, неправильные зерна, реже сплошные

массы. Цвет розово-красный, красно-бурый, желто-бурый, светло-желтый. Черта бесцветная. В тонких шлифах просвечивает. Блеск стеклянный. Твердость 5,0–5,5. Хрупок. Спайность несовершенная. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – магматическое (исключительно в породах повышенной щелочности) и пегматитовое; Кольский полуостров, Тыва, Алтай, Саяны.

Применение – порообразующий минерал, может служить источником циркония.

#### **Группа турмалина**

##### **8. Турмалин – $(Na, Ca)(Mg, Al)_6[B_3Al_3Si_6(O, OH)_{30}]$**

Удельный вес 2,90–3,25. Сингония тригональная. Агрегаты: шестоватые, радиально-лучистые, волокнистые образования, реже сплошные зернистые массы. Цвет зависит от состава и варьирует в широких пределах. Известны темно-зеленые, светло-розовые, темно-красные, желто-бурые, темно-желтые, темно-синие, черные разновидности. Черта бесцветная. Часто прозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 7,0–7,5. Спайность практически отсутствует или весьма несовершенная. Излом неровный, раковистый.

Происхождение и месторождения – пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое, грейзеновое, россыпи; Урал, Забайкалье, Мадагаскар, США (Калифорния), Шри-Ланка.

Применение – в радиотехнике, красиво окрашенные прозрачные разновидности в ювелирном деле.

#### **Силикаты с непрерывными цепочками тетраэдров $SiO_4$ в кристаллических структурах**

#### **Группа пироксенов**

##### **9. Авгит – $Ca(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$**

Удельный вес 3,2–3,6. Сингония моноклиная. Агрегаты: сплошные массы зернистого строения. Цвет черный, зеленовато-черный, буровато-черный, реже темно-зеленый или бурый. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 5,0–6,0. Спайность средняя. Нередко развита отдельность. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – магматическое (основные и щелочные породы); Кольский полуостров, Урал, Украина.

Применение – порообразующий минерал, практического значения не имеет.

#### **Группа амфиболов**

##### **10. Тремолит – $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$ .**

Удельный вес 2,9–3,0. Сингония моноклиная. Агрегаты: тонколучистые, шестоватые или волокнистые образования, реже плотные скрытокристаллические необычайно вязкие массы (нефрит). Цвет белый, светло-

серый или светло-зеленый. В тонких сколах просвечивает. Блеск стеклянный. Твердость 5,5-6,0. Хрупок. Спайность совершенная. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – магматическое, контактово-метасоматическое, метаморфическое; Италия, Швейцария, Финляндия, Южный Урал, Прибайкалье, Китай, Канада, США, Танзания.

Применение – порообразующий минерал, практического значения не имеет.

#### **11. Роговая обманка – $Ca_2Na(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(Si,Al)_4O_{11}]_2[OH]_2$**

Удельный вес 3,1–3,3. Сингония моноклинная. Агрегаты: призматические, столбчатые, изометрические кристаллы. Цвет зеленый или бурый темных оттенков. Черта белая с зеленоватым оттенком. Непрозрачна. Блеск стеклянный. Твердость 5,5–6,0. Спайность совершенная. Излом неровный. Разновидности: базальтическая роговая обманка (зеленовато-бурого цвета) и уралит (псевдоморфоза роговой обманки по пироксену).

Происхождение и месторождения – магматическое (в средних породах), контактово-метасоматическое (габбровые пегматиты), метаморфическое; Урал, Германия, Норвегия, Индия.

Применение – порообразующий минерал, практического значения не имеет.

#### **Группа волластонита**

#### **12. Родонит – $(Mn,Ca)SiO_3$ (орлец).**

Удельный вес 3,40–3,75. Сингония триклинная. Агрегаты: сплошные плотные или зернистые массы. Цвет розовый, розовато-серый. Черта светло-розовая. Непрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 5,0–5,5. Спайность совершенная в двух направлениях и менее совершенная – в третьем.

Происхождение и месторождения – контактово-метасоматическое, гидротермальное и метаморфическое; Урал, Австралия, США.

Применение – массивные породы, состоящие из родонита, употребляются как поделочный камень.

### **Силикаты с непрерывными слоями тетраэдров $SiO_4$ в кристаллических структурах**

#### **Группа талька – пиррофиллита**

#### **13. Тальк – $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$**

Удельный вес 2,7–2,8. Сингония моноклинная. Агрегаты: листоватые, чешуйчатые, часто плотные массы (мыльный камень). Цвет бледно-зеленый, белый, желтоватый. Черта светло-зеленая, бледная. В тонких листочках просвечивает. Блеск стеклянный с перламутровым отливом. Твердость 1,0. Жирный на ощупь. Спайность весьма совершенная. Огнеупорен, до 1300°C не плавится. Инертен по отношению к кислотам и щелочам.

Происхождение и месторождения – как продукт гидротермального изменения богатых магнием ультраосновных пород, иногда в результате метаморфизма богатых магнием осадочных пород; Урал, Канада.

Применение – как порошок в бумажной, резиновой, парфюмерной, текстильной, керамической промышленности.

#### **Группа слюд**

##### **14. Мусковит – $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$**

Удельный вес 2,76–3,10. Сингония моноклинная. Агрегаты: сплошные листоватые или чешуйчатые массы. Цвет бесцветный, часто с желтоватым, сероватым, зеленоватым оттенком. Прозрачен или полупрозрачен. Блеск стеклянный. Твердость 2,0–3,0. Тонкие листочки упруги. Спайность весьма совершенная в одном направлении и несовершенная в других.

Происхождение и месторождения – контактово-метасоматическое, пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое; Восточная Сибирь, Индия, Бразилия, США (Северная Каролина, Мэриленд), Канада.

Применение – ценный материал для электронной промышленности.

#### **Группа серпентина – каолинита**

##### **15. Серпентин – $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_8$ (змеевик).**

Удельный вес 2,5–2,7. Сингония моноклинная. Агрегаты: обычно плотные массы, иногда листоватые или тонковолокнистые. Цвет желтовато-зеленый до темно-зеленого. Черта бесцветная. Непрозрачен. Блеск стеклянный, жирный, восковой, шелковистый. Твердость 2,0–4,0. Спайность в некоторых случаях совершенная. Разновидности: офит (опаловидный), хризотил-асбест (тонковолокнистый), антигорит (листоватый).

Происхождение и месторождения – в основном за счет гидротермального изменения богатых магнием ультраосновных пород; Урал, Северный Кавказ, Армения, Казахстан, Сибирь, Канада (Квебек), Южная Африка.

Применение – как поделочный камень, хризотил-асбест как огнеупорный строительный и изоляционный материал.

##### **16. Каолинит – $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$**

Удельный вес 2,58–2,60. Сингония моноклинная. Агрегаты: рыхлые, чешуйчатые или плотные тонкозернистые, иногда натечные формы. Цвет белый. Черта белая. Непрозрачен. Блеск матовый. Твердость 1,0. Жирный. Отдельные чешуйки гибки, но не упруги. Спайность весьма совершенная.

Происхождение и месторождения – гипергенное и гидротермальное низкотемпературное; Китай, Урал, Украина, Чехия, Германия, Франция.

Применение – основное сырье фарфоровой и керамической промышленности, как наполнитель бумаг, для очистки нефти.

#### **Силикаты с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров $(Si,Al)O_4$ в кристаллических структурах**

#### **Группа полевых шпатов**



### **Подгруппа кальциево-натриевых полевых шпатов**

#### **17. Плагиоклазы – $(100-n)Na[AlSi_3O_8] \times nCa[Al_2Si_2O_8]$ , где $n$ от 0 до 100**

Прекрасно изученный бинарный ряд изоморфных смесей, крайние члены которого носят названия альбит –  $Na[AlSi_3O_8]$  и анортит –  $Ca[Al_2Si_2O_8]$ . Согласно данным о природных и искусственных соединениях, существуют все разности беспрерывно меняющегося состава от чистого альбита (Ab) до анортита (An). Классификация минеральных видов этого изоморфного ряда условно дается в следующем виде (содержание анортитовой молекулы в %): альбит – 0–10; олигоклаз – 10–30; андезин – 30–50; лабрадор – 50–70; битовнит – 70–90; анортит – 90–100. Удельный вес непрерывно возрастает от 2,61 (альбит) до 2,76 (анортит). Сингония триклинная. Агрегаты: друзы, пластинчатые кристаллы, зерна. Цвет белый, серовато-белый, иногда с зеленоватым, синеватым, реже красноватым оттенком, реже черный. Полупрозрачны. Блеск стеклянный. Твердость 6,0–6,5. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом неровный, ступенчатый. Разновидности: беломорит (лунный камень) – олигоклаз с нежно-синеватым отливом; авантюрин (солнечный камень) – олигоклаз с искристо-золотистым отливом.

Происхождение и месторождения – магматическое, пегматитовое, метаморфическое; Украина, Средний Урал.

Применение – порообразующие минералы, лабрадор используется как облицовочный материал, беломорит и авантюрин – как поделочные камни.

### **Подгруппа калиево-натриевых полевых шпатов**

#### **18. Ортоклаз – $K[AlSi_3O_8]$**

Удельный вес 2,54–2,57. Сингония моноклинная. Агрегаты: хорошо выраженные призматические кристаллы. Цвет светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый. Непрозрачный. Блеск стеклянный. Твердость 6,0–6,5. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом неровный. Разновидность: адуляр – бесцветный прозрачный.

Происхождение и месторождения – магматическое, пегматитовое; Северо-запад Европейской части России, Средний Урал.

Применение – порообразующий минерал; используется в стекольной и керамической промышленности.

### **Группа нефелина**

#### **19. Нефелин – $Na[AlSiO_4]$ .**

Удельный вес 2,6. Сингония гексагональная. Агрегаты: неправильной формы кристаллические зерна, сплошные крупнозернистые массы. Цвет бесцветный, белый с сероватым, красноватым или зеленоватым оттенком. Полупрозрачен. Блеск стеклянный, в изломе – жирный. Твердость 5,0–6,0. Спайность практически отсутствует или несовершенная. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – магматическое (в щелочных породах), пегматитовое; Кольский полуостров, Украина, Южный Урал, Сибирь (Красноярский край).

Применение – используется в стекольной, керамической, химической промышленности, может использоваться как руда на алюминий.

#### **Группа содалита**

##### **20. Лазурит – $Na_8[AlSiO_4]_6[SO_4]$**

Удельный вес 2,38–2,42. Сингония кубическая. Агрегаты: обычно встречается в сплошных плотных массах. Цвет густой лазурево-синий, фиолетовый, иногда голубой или зеленовато-синий. Непрозрачен, но в тонких шлифах просвечивает. Блеск стеклянный, в изломе жирный. Твердость 5,5. Хрупок. Спайность несовершенная, чаще отсутствует. Излом неровный.

Происхождение и месторождения – контактово-метасоматическое; Иран, Афганистан, Южное Прибайкалье.

Применение – в ювелирном деле как красивый поделочный камень.

#### **1.2.10 Органические соединения**

В отличие от минералогии неорганических соединений для органических веществ разработка минералогической систематики находится в начальной стадии, что позволяет объединять их в один класс. Все минералы этого класса не являются индивидуализированными химическими соединениями со строго определенной формулой, но представляют собой сложные смеси соединений углерода, преимущественно с водородом, азотом, кислородом и серой, образование которых связано с жизнедеятельностью растительных и животных организмов.

#### **Группа ископаемых смол**

##### **1. Янтарь – $C_{10}H_{16}O_4$ (сукцинит)**

Удельный вес 1,01–1,10. Аморфен. Агрегаты: натечные, натечно-скорлуповатые, каплевидные, изометричные, уплощенные и угловатые. Цвет красновато-коричневый, желто-коричневый, желто-оранжевый, светло-желтый, медово-желтый, золотисто-желтый, бело-матовый, а также красно-бурый и желто-бурый. Черта желтая или буровато-желтая. Прозрачный, полупрозрачный (дымчатый или бастардный), непрозрачный. Блеск стеклянный, жирный, восковой, матовый. Твердость 2,0–2,5. Вязок. Спайность отсутствует. Излом неровный, раковистый, ступенчатый и занозистый. Часто покрыт корочкой окисления. При трении электризуется. Иногда содержит включения в виде минеральных зерен, газовой-жидкой фазы, останков растений или животных.

Происхождение и месторождения – экзогенное; Россия (Калининградская область), Литва, Латвия, Польша, Германия, Украина, Беларусь.

Применение – ювелирное дело, химическая промышленность (янтарное масло и лак), сельское хозяйство и медицина (янтарная кислота).

Репозиторий БРГУ

## 2 ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы – это природные образования, слагающие разнообразные геологические тела, из которых построена земная кора (литосфера). Они представляют собой закономерные сочетания или механические смеси различных по составу кристаллических минеральных зерен, наряду с которыми могут присутствовать аморфное вещество и органические остатки; к горным породам относятся встречающиеся в земной коре смеси жидких минеральных веществ (неорганических и органических). По минеральному составу выделяют горные породы: мономинеральные – состоящие из одного минерала (мрамор) и полиминеральные – состоящие из нескольких минералов (гранит). Если содержание минерала в породе превышает 5%, то такой минерал называется породообразующим, они определяют состав, свойства, облик и название горных пород. Если минерал содержится в незначительном количестве (менее 5%), при этом, не изменяя общего характера породы и ее свойств, то он называется акцессорным или второстепенным. Науки, изучающие горные породы – петрология, петрография (магматические и метаморфические породы) и литология (осадочные породы).

### 2.1 Диагностические признаки горных пород

Все горные породы характеризуются определенными особенностями строения и физическими свойствами, отражающими условия их образования и изменения и, наряду с составом, играют важную роль в диагностике.

#### 2.1.1 Особенности строения

**Структурой** горной породы называется совокупность ее признаков, определяемых формой, размерами и взаимным расположением отдельных компонентов породы – минеральных зерен, участков стекла, обломков пород, фрагментов растительных тканей и т.п. В понятие структуры входят: степень кристалличности породы, размеры кристаллических зерен, их форма, способ сочетания друг с другом, характер их поверхности.

Главными структурами магматических пород являются: **тонко-, мелко-, средне-, крупно- и гигантозернистая; равномерно- и неравномернозернистая; порфировидная** (с крупными вкрапленниками – порфировыми выделениями, погруженными в более мелкозернистую основную массу); **стекловатая, порфировая** (с вкрапленниками минералов, погруженными в не полностью раскристаллизованную, содержащую стекло основную массу); **фельзитовая** (скрытозернистая), представляющая начальную стадию расстеклования кислых излившихся пород и т.д. В отличие от порфировой структуры **афировой**

называется структура эффузивных или жильных пород, лишенных вкрапленников. *Афанитовой* называется структура пород, в которых зерна невооруженным глазом неразличимы (скрытокристаллическая структура). Из особых структур отметим *пегматитовую* (графическую), характерную для своеобразных кварцево-полевошпатовых прорастаний в гранитных пегматитах. Весьма характерны также *офитовая* и *диабазовая* структуры, типичные для налившихся и гипабиссальных интрузивных пород основного состава (базальтов, диабазов и др.).

Среди структур метаморфических пород, связанных с процессами перекристаллизации вещества (группа *бластовых* структур), отмечаются: *гранобластовая* (с преобладающей изометричной формой зерен минералов), *лепидобластовая* (с пластинчатой или чешуйчатой формой большинства зерен), *нематобластовая* (с шестоватой, столбчатой формой зерен), *фибробластовая* (с волокнистой, игольчатой формой зерен), *порфиробластовая* (с крупными выделениями новообразованных минералов в основной ткани породы). В порфировидных, порфировых и порфиробластовых породах приходится отдельно характеризовать вкрапленники (порфировые выделения или порфиробласты) и основную массу породы. Структуры осадочных пород чрезвычайно разнообразны; они будут по мере необходимости указываться при описании отдельных разновидностей и групп пород.

**Текстурой** горной породы называется совокупность признаков, определяющих внешний облик породы, обусловленных особенностями расположения и соотношений между собой целых минеральных агрегатов. Таким образом, для определения структуры имеет значение характеристика отдельных зерен, а для определения текстуры – минеральных агрегатов, слагающих отдельные участки породы. Среди текстур горных пород ведущее значение имеют *массивная* (однородная), *параллельная* (слоистая, сланцеватая и др.), *флюидальная* (со следами течения в стекловатых вулканических породах) и группа *такситовых* (с неравномерным, неправильным, расположением участков различной структуры) текстур. Для эффузивных пород отмечаются такие своеобразные текстуры, как *шлаковая*, *пузыристая*, *миндалекаменная*, *перлитовая* и др.

Большинству метаморфических пород свойственны сланцеватость (*сланцеватая* текстура), обусловленная параллельной ориентировкой пластинчатых и чешуйчатых выделений минералов; полосатая (*полосчатая*) текстура, выраженная в чередовании полос различного состава и (или) структуры, и *плойчатая* текстура, связанная с развитием весьма мелких складок и гофрировки поверхностей сланцеватости. Специфическими текстурами метаморфических пород являются *узловатая* и *очковая* текстуры, опреде-

ляемые присутствием относительно крупных округлых или линзовидных включений минералов и их агрегатов в сланцеватой основной ткани.

Степень однородности сложения пород имеет большое значение для их диагностики. Текстуры и структуры горных пород определяются отчасти макроскопически (на глаз), но значительная их часть, это особенно касается структур, устанавливается только под микроскопом.

### 2.1.2 Физические свойства

**Цвет** для определения горных пород не столь важен, как для определения минералов. Более существенным признаком, чем оттенок цвета, для пород служит интенсивность их окраски, т.е. тот факт, является ли данная порода темной (меланократовой), светлой (лейкократовой) или промежуточной (мезократовой). Необходимо указывать количественное соотношение темноцветных (биотит, роговая обманка, пироксены, оливин и др.) и светлых (полевые шпаты, кварц, нефелин и др.) породообразующих минералов, что особенно важно для характеристики магматических пород.

**Блеск** как диагностический признак характерен лишь для некоторых горных пород, преимущественно аморфных (стекловидных) или сланцеватых (богатых чешуйчатыми либо волокнистыми минералами). Но в этих сравнительно немногочисленных случаях такой характерный блеск, как смолистый, стеклянный, жирный, перламутровый, металловидный, алмазный, приобретает часто очень важное диагностическое значение.

**Прочность.** По этому признаку горные породы разделяются на следующие категории:

1) **рыхлые (сыпучие)** породы; легко распадаются на слагающие их частицы и растираются между пальцами. При ударе тупым концом молотка в них образуется значительное углубление;

2) **слабо связанные (уплотненные)** породы; разламываются руками, частично растираются пальцами. При ударе тупым концом молотка в них образуется незначительное углубление;

3) **прочные связанные (каменистые)** породы; не разламываются руками. Заметное углубление образуется при ударе лишь острым концом молотка или не образуется вовсе. Среди последней категории различают также **вязкие** и **хрупкие** породы. Первые раскалываются молотком вообще с большим трудом, вторые разлетаются на мелкие осколки.

**Твердость** горных пород определяется твердостью главных породообразующих минералов. Для целей диагностики достаточно различать породы **низкой** твердости – чертятся ногтем; **средней** твердости – чертятся ножом или стальной иглой; **твердые** – нож и игла царапины не оставляют,

кварц оставляет царапину; *весьма твердые* – кварц не оставляет царапины или весьма слабо чертит породу.

**Плотность** горных пород. Следует различать *тяжелые* (с удельным весом порядка 4,0 и выше), *средние* (с удельным весом 2,9–4,0) и *легкие* (удельный вес менее 2,9) породы.

**Отдельность** – это способность горных пород разбиваться по трещинам по определенным закономерным направлениям с образованием кусков характерной формы. У осадочных пород трещины отдельности обычно совпадают с напластованием (*пластовая* отдельность) или перпендикулярны ей. У метаморфических пород отдельность часто параллельна сланцеватости. Для магматических пород характерна *контракционная столбчатая* отдельность, перпендикулярная поверхности лавовых потоков, а также *глыбовая* или *концентрически-скорлуповатая шаровая* отдельность. Интрузивные породы, как правило, также обладают *контракционной* отдельностью, образующейся в результате сокращения объема интрузивных тел при охлаждении. Эта отдельность, параллельная поверхности кровли интрузивных тел, бывает *матрацевидной* или *плитообразной*.

## 2.2 Основы систематики горных пород

В основу современной классификации горных пород положен генетический принцип; он дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород, их структурно-текстурной характеристике и физическим свойствам. По происхождению горные породы подразделяются на четыре отдела: магматические, осадочные, вулканогенно-обломочные и метаморфические породы.

**Магматические горные породы** делятся по химическому составу, а также по условиям образования, отраженным в структурно-текстурных особенностях и формах залегания пород. Поскольку эти породы образуются путем кристаллизации из магматических расплавов, их химический состав закономерно связан с минеральным составом, что делает возможным определять и подразделять магматические породы также по минеральному составу. По химическому составу – в первую очередь, по содержанию кремнекислоты и щелочей – среди магматических пород выделяются три ряда: *нормальный, промежуточный* (известково-щелочной) и *щелочной*.

В пределах каждого ряда магматические породы делятся на группы, различающиеся по тому же признаку. За основу берется содержание кремнекислоты ( $\text{SiO}_2$ ), с которым закономерно связано и содержание других главных химических компонентов: глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), извести ( $\text{CaO}$ ), магнезии ( $\text{MgO}$ ), железа ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и др. Каждая из групп (*ультраосновные, основные, средние, кислые, собственно щелочные*) делится на под-

группы по условиям образования: **интрузивные**, **эффузивные** и **жильные** породы. Последние, кроме пегматитов, аплитов и т.п., по скорости остывания и кристаллизации занимают как бы промежуточное положение между породами двух первых подгрупп. Поэтому нередко бывает трудно определить жильную породу по образцу, если не известна форма ее залегания.

Из прочих классификационных признаков, имеющих широкое применение при характеристике или диагностике магматических пород, отметим следующее. В зависимости от глубины, на которой происходило застывание магмы, **интрузивные породы** делятся на фации: весьма глубинные (**абиссальные**), средней или умеренной глубинности (**мезоабиссальные**), небольшой глубинности (**гипабиссальные**) и приповерхностные (**субвулканические**). Изверженные породы каждой из перечисленных фаций характеризуются своими специфическими особенностями, в первую очередь, строением. **Эффузивные породы** разделяются на две категории по степени изменения: сильно измененные породы носят название **палеотипных** (палеовулканических), слабо измененные – **кайноотипных** (неовулканических). Эти названия связаны с тем, что измененные лавы и туфы имеют как бы облик древних пород (независимо от их действительного возраста), а слабо измененные – облик молодых пород.

**Осадочные горные породы** подразделяются на пять подотделов по способу образования:

1) **обломочные породы** – продукты преимущественно физического выветривания материнских пород и минералов с последующим переносом материала и его отложением в других участках;

2) **коллоидно-осадочные породы** – результат преимущественно химического разложения с переходом вещества в коллоидальное состояние (коллоидные растворы); сюда же включаются и самые тонкие классы обломочных пород, и остаточные породы коры выветривания;

3) **хемогенные породы** – осадки, выпадающие из водных, преимущественно истинных, растворов – вод морей, океанов, озер и других бассейнов химическим путем, т.е. в результате химических реакций или перенасыщения растворов, вызванного различными причинами;

4) **биохимические породы**, включающие породы, образовавшиеся в ходе химических реакций при участии микроорганизмов, и породы, которые могут иметь двойное происхождение: химическое и биогенное;

5) **органогенные породы**, образовавшиеся при участии живых организмов; отчасти эти породы являются непосредственными продуктами жизнедеятельности организмов и всегда содержат значительное количество останков отмерших животных и растений или же целиком построены из вещества органического происхождения.



Дальнейшее подразделение каждого из подотделов основано на различных признаках. Так, обломочные породы разделяются по степени цементации на два параллельных ряда: рыхлые и уплотненные. Каждый из рядов делится на группы по размеру обломочных частиц. Грубообломочные породы подразделяются по форме обломков (скатанные и угловатые), а также по минеральному составу – на олигомиктовые и полимиктовые. В полимиктовых породах обломки могут быть представлены не только разными минералами, но и горными породами.

Хемогенные породы делятся на группы в соответствии с их химическим и минеральным составом. Биохимические и органогенные породы также разделяются по составу; для систематики последних важно учитывать, за счет каких организмов (растений и животных) они образовались. Некоторые типы горных пород могут иметь смешанное происхождение, например, совмещать признаки обломочных и глинистых пород, обломочных и органогенных и т.д. Подобные породы включены в состав какой-либо одной группы.

**Вулканогенно-обломочные породы** включают горные породы, весьма различные по способу образования, но объединяемые общностью происхождения материала, из которого они построены и который представлен целиком или в значительной мере обломочными продуктами вулканических извержений. Систематика их учитывает четыре ведущих признака:

- 1) степень уплотнения (спекания, цементации) вулканических обломочных продуктов;
- 2) размер обломков (подобно тому, как это принято для осадочных обломочных пород);
- 3) относительное участие в составе пород эндогенного обломочного (пирокластического) и экзогенного (осадочного) материала;
- 4) роль в их формировании процессов переноса и переотложения в экзогенных условиях, что отражается, на степени окатанности крупных частиц обломочного материала, на степени сортировки обломков по величине, на степени совершенства слоистости пород и других структурно-текстурных признаках.

В соответствии с этим вулканогенно-обломочные породы подразделяются на два ряда: рыхлые продукты вулканических извержений и уплотненные (сцементированные) горные породы. С другой стороны, выделяют две группы пород: пирокластические и туфогенные.

**Метаморфические горные породы** разделяются, прежде всего, по типу метаморфизма (регионального, контактового, дислокационного) или метасоматоза, а также по составу. *Метасоматические породы* можно условно разделить на *контактово-метасоматические* (скарны) и *гидротермально-метасоматические* (гидротермально измененные породы).

Метаморфизованные осадочные породы называются *парапородами*, метаморфизованные магматические – *ортопородами*. Ведущим классификационным признаком метаморфических и метасоматических пород служит их минеральный состав, поскольку он является чувствительным индикатором изменений физико-химической обстановки при метаморфизме.

Настоящее пособие содержит описание главнейших типов горных пород. В то же время их круг ограничен теми породами, определение которых не требует применения оптических методов и может быть осуществлено при внимательном наблюдении визуально. Для характеристики горных пород принята **единая схема описания**:

Название породы (синонимы).

Характерные признаки (структура, текстура, минеральный состав, физические свойства). Разновидности.

Условия образования и нахождения (залегание, происхождение, изменение, распространение).

Диагностика.

Практическое значение.

### **2.2.1 Магматические горные породы**

Магматические горные породы сильно различаются по составу, внешнему облику, условиям образования и формам нахождения в природе. Большинство это весьма крепкие, прочные и твердые породы. Представители интрузивных пород обладают кристаллически-зернистым строением и массивной текстурой. Эффузивные породы обычно стекловатые или неполнокристаллические, редко – полнокристаллические. Текстура их часто флюидальная (со следами течения магматической массы), пористая или пузыристая, миндалекаменная, реже массивная. Окраска магматических пород очень разнообразна. Ее интенсивность зависит главным образом от состава породы (химического и минерального). Главными минералами магматических пород являются силикаты и алюмосиликаты: полевые шпаты, кварц, слюды, амфиболы, пироксены, оливин; в составе лав существенную роль играет вулканическое стекло. В качестве примесей (акцессорных минералов) могут присутствовать наряду с силикатами, также окислы, титано-тантало-ниобаты, фториды, фосфаты и минералы иного состава.

#### **НОРМАЛЬНЫЙ РЯД**

#### **ГРУППА УЛЬТРАОСНОВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

#### **ПОДГРУППА ДУНИТА – ПЕРИДОТИТА – ПИРОКСЕНИТА**

#### ***Дунит. Перидотит. Пироксенит***

**Характерные признаки.** Структура мелко- или среднезернистая, реже крупнозернистая. Текстура массивная, часто афанитовая. Породы состоят почти исключительно из магнезиально-железистых темноцветных минералов (оливин и пироксены, реже амфиболы и биотит). Второстепенные минералы: магнетит, ильменит, пирротин, хромшпинелиды, гранат. Кварц отсутствует. Плагноклаз (основной) редок. Характерные, хотя и не часто встречающиеся минералы – алмазы и самородная платина. Цвет черный, иногда с зеленоватым оттенком. Тяжелые (уд. вес  $> 3$ ), очень крепкие и вязкие. В зависимости от преобладающего минерала различают: *дунит (оливинит)* 100–80% оливина, *перидотит* – 70–30% оливина и соответственно 30–70% пироксенов, *пироксенит* – 10–0% оливина и 90–100% пироксенов. Излившимися аналогами интрузивных ультраосновных пород являются *пикриты* и *пикритовые порфириты*, а также близкие к ним породы – алмазоносные *кимберлиты*.

**Условия образования и нахождения.** Интрузивные тела (массивы) сравнительно небольшой площади, линзообразные и изометричные, обычно с крутым наклоном контактов, приуроченные к глубоким разломам в земной коре. Источники ультраосновных пород – глубинные, подкорковые зоны земного шара. Изменения выражаются в появлении серпентина, уралита, хлорита, талька, эпидота, кальцита, магнезиально-железистых карбонатов, иногда цеолитов; эти минералы придают породам зеленый оттенок и снижают их твердость. Продуктом гидротермального изменения ультраосновных пород являются, в частности, *серпентиниты (змеевики)*, состоящие в основном из серпентина. В поверхностных выходах, глыбах и обломках ультрабазиты обычно покрыты белесой коркой кремнистых продуктов выветривания толщиной до 1–2 см. Распространены широко: Урал, Кавказ, Казахстан, Украина, Тыва, Саяны, Прибайкалье и др.

**Диагностика.** Темная окраска, отсутствие в составе полевого шпата и кварца, высокий удельный вес.

**Практическое значение.** С дунитами и перидотитами связаны многочисленные месторождения платины, никеля и кобальта. Магнетитовые перидотиты нередко содержат ванадий и титан и могут использоваться в качестве природно-легированных железных руд. *Кимберлит* – ультраосновная жильная порода, залегающая в виде трубообразных жерловин (трубок взрыва) и состоящая из оливина, пироксенов, слюды, магнетита, граната-пирропа, ильменита, апатита и др., содержит алмазы. Подобные трубки в Республике Саха (Якутия) являются коренными месторождениями алмазов и источником образования алмазоносных россыпей.

## **ГРУППА ОСНОВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

### **ПОДГРУППА ГАББРО**

#### **ГАББРО**

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, мелко- средне- и крупнозернистая. По текстуре выделяют следующие разновидности: *массивное габбро*, однородно окрашенное, с равномерным распределением всех минералов; *полосчатое габбро* с параллельным чередованием светлых и темных полос или вытянутых скоплений темноцветных минералов; *порфирированное габбро* с крупными кристаллами пироксена и их агрегатами среди зернистой основной массы породы. Состав: серый и светло-серый плагиоклаз и черный иногда с бронзовым оттенком пироксен. Совместно с пироксеном или без него могут присутствовать роговая обманка и биотит. Второстепенную роль играют оливин и магнетит. Темноцветные минералы слагают от 30 до 50% объема породы. Кварца нет. Имеются переходные разности по составу между габбро и пироксенитами. Цвет обычно темно-серый до черного, иногда с зеленоватым оттенком. Порода твердая и очень прочная; временное сопротивление сжатию колеблется от 2000 до 2800 кг/см<sup>2</sup>.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания – дайки, штоки, интрузивные залежи, лакколиты, дололиты. Породы подгруппы габбро концентрируются в верхних частях интрузивных тел, где иногда непосредственно переходят в диорит и сиенит; на глубине они сменяются ультраосновными породами. Изменения связаны с воздействием послемагматических гидротермальных растворов и состоят в замещении пироксена зеленой роговой обманкой, а плагиоклаза – смесью микрозернистых цоизита, эпидота, альбита, мусковита, кварца и др. Этот агрегат получил название *сосюрита*, а процесс изменения – сосюритизации. В результате порода частично или полностью утрачивает свое кристаллически-зернистое строение, становится менее твердой, приобретает зеленую окраску и сланцеватую текстуру. Распространено на Сев. Урале, где с массивами габбро ассоциируют месторождения платины, на Украине, на Кольском п-ове, в Казахстане, на Алтае, в Забайкалье и др.

**Диагностика.** Темная окраска; в составе породы – ассоциация плагиоклаза и пироксена или роговой обманки при отсутствии кварца и ортоклаза. От диорита отличается более высоким (30–50%) содержанием темноцветных минералов, преимущественно пироксенов.

**Практическое значение.** Применяется как строительный камень и материал для облицовки наружных стен зданий, лестниц, площадок, ограждений и т.д.

#### ПОДГРУППА БАЗАЛЬТА – ДИАБАЗА

##### **БАЗАЛЬТ**

**Характерные признаки.** Структура порфировая или афировая. Основная масса однородная скрытокристаллическая и стекловатая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Основная масса –

нераскристаллизованное вулканическое стекло, густо пропитанное мелкими частицами магнетита, и смесь микроскопических выделений основного плагиоклаза, пироксена и оливина, менее – роговой обманки. Вкрапленники: черный пироксен, иногда темно-зеленый оливин. Неизменные базальты – это темно-серые, почти черные, вязкие и твердые породы, с трудом царапающиеся стальной иглой, тяжелые (уд. вес 3). Характерной чертой строения базальтовых покровов и потоков является столбчатая, контракционная отдельность. Столбы, ориентированные перпендикулярно к поверхностям контактов базальтовых или диабазовых тел, иногда достигают десятков метров высоты и первых метров в поперечнике. Пористость базальтов возрастает в верхних частях потоков. Часто здесь развиваются их пузыристые и шлаковые разности. Такое строение они приобретают вследствие удаления из лавы вулканических газов.

*Миндалекаменными базальтами, или мандельштейнами, называются разновидности, в которых поры округлой, реже вытянутой формы заполнены минералами, отложившимися из сравнительно низкотемпературных растворов. Минералы, слагающие миндалины в кайнотипных базальтах, представлены чаще всего агатом, халцедоном, сердоликом, опалом, кварцем и др. В верхних частях лавовых потоков или в потоках малой мощности встречаются стекловатые разновидности базальтов. Среди них выделяются *тахилиты* – прозрачные зеленые и менее прозрачные темно-бурые до черных вулканические стекла, похожие на обсидианы, но легко растворяющиеся в кислотах. Во внутренних и отчасти в нижних горизонтах мощных базальтовых потоков, где скорость застывания была меньше, нередко залегают полнокристаллические мелко- и даже среднезернистые разности базальтов – *долериты*.*

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания – потоки и покровы, разделенные отложениями пирокластического (туфового) или осадочного материала. Мощность единичных потоков базальтовых лав, обладающих в расплавленном состоянии малой вязкостью, обычно невелика, но, как правило, эти покровы вместе с сопровождающими их туфами залегают друг на друге, образуя вулканические серии с суммарной мощностью, измеряемой в вертикальном разрезе сотнями метров. Отмеченные породы и палеотипные аналоги базальтовых пород (*диабазы*) образуют также целые комплексы лавовых покровов, даек и силлов, объединяемые термином *трапп*. Происхождение вулканическое. Базальты и долериты – широко распространенные лавовые продукты подводных и наземных извержений современных и древних вулканов.

Изменения выражаются в разложении первичных породообразующих минералов и вулканического стекла базальтов. С развитием на их месте хлорита, уралита, актинолита, кальцита и др. Очень характерна сосюрити-

зация. Изменение такого типа называется *зеленокаменным*. Измененные (палеотипные) разновидности базальта и долерита носят название *базальтовый порфирит*, *палеобазальт* и *диабаз*. При весьма интенсивном изменении их называют *зеленокаменными породами*. К палеотипным аналогам базальта также принадлежат спилит и мелафир. *Спилит* – альбитовая разновидность диабаза с характерной шаровой или подушечной отдельностью; предполагается, что спилиты образуются при подводных излияниях базальтовых лав. Наоборот, *мелафир* – палеотипная разновидность базальта, связанная с наземными вулканическими извержениями; отличается краснокаменным типом изменения, выражающимся в развитии гематита. Типичными районами развития базальтов являются Армения и другие районы Закавказья, Украина, Прибайкалье и Забайкалье, Тыва. Траппы широко распространены в Сибири и Коми. Современные базальтовые лавы известны среди продуктов извержений вулканов Камчатки.

**Диагностика.** Для базальта – черная окраска, прочность и вязкость породы, столбчатая шестигранно-призматическая отдельность. Минералы вкрапленников только темноцветные. Для долерита – полнокристаллическая мелкозернистая (офитовая) структура основной массы.

**Практическое значение.** За последние годы все шире используется базальтовое литье для изготовления кислотоупорных труб, химической аппаратуры и т.п. Служат сырьем для новой отрасли промышленности – петрургии, из траппов и диабазов делают брусчатку для мощения улиц. С траппами связан ряд промышленных типов месторождений оптического исландского шпата, железных руд, высококачественного графита, отчасти также самородной меди, медно-никелевых сульфидных руд. Базальтовые мандельштейны – один из главных источников получения самоцветных камней – агатов, опалов, сердоликов.

## **ГРУППА СРЕДНИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

### **ПОДГРУППА ДИОРИТА**

#### **ДИОРИТ**

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, чаще всего мелкозернистая, редко порфировидная. Текстура массивная или полосчатая, обусловленная течением магмы. Состоит из плагиоклаза (50–60%) и роговой обманки (30–35%). Иногда появляются пироксен или биотит. Возможно невысокое (до 10%) содержание кварца. Цвет серый, темно-серый до черного, иногда с зеленоватым оттенком за счет продуктов изменения. Порода твердая, прочная. *Диоритовый порфирит* – порфировая разновидность диорита с мелкозернистой основной массой и небольшими (1–3 мм.) вкрапленниками плагиоклаза, роговой обманки или биотита.

**Условия образования и нахождения.** Образует штоки, лакколиты, жилы и др. Происхождение магматическое: при дифференциации магмы

основного состава или в результате кристаллизации магмы первоначально кислого состава, частично усвоившей в процессе внедрения вещество пород, богатых железом, магнием, кальцием (габбро, известняки, доломиты). В этих случаях диориты слагают краевые зоны крупных гранитных массивов и по направлению к центру массива сменяются гранитами. Переход совершается постепенно, выражаясь в увеличении количества кварца (*кварцевый диорит*), в появлении ортоклаза, замене андезина на олигоклаз (*гранодиорит*). Изменения: разложение плагиоклаза и превращение его в агрегат цоизита и кальцита или в рыхлые скопления кальцита, эпидота, каолинита и др.; замещение роговой обманки и биотита хлоритом; разложение железосодержащих минералов. Измененный диорит приобретает зеленоватый, а местами ржаво-бурый оттенок. Диориты известны на Урале, в Закавказье, в Крыму и ряде мест Сибири и Дальнего Востока.

**Диагностика.** По внешним признакам похож на некоторые разновидности пород подгруппы габбро. Точное разграничение может быть сделано только под микроскопом. Тем не менее, полезно учесть, что в диоритах содержание темноокрашенных минералов – 30–35%, и они представлены в основном роговой обманкой, а в габбро их обычно от 30 до 50%, и это главным образом пироксен.

**Практическое значение.** Используется как материал для наружной облицовки зданий или изготовления ступеней лестниц.

#### ПОДГРУППА АНДЕЗИТА – ПОРФИРИТА

##### *АНДЕЗИТ*

**Характерные признаки.** Структура порфировая или афировая с афанитовой основной массой. Текстура массивная, однородная или пористая, пузыристая, шлаковая. Основная масса породы в значительной части состоит из нераскристаллизованного вулканического стекла с вкрапленностью мелких зерен магнетита. Порфировые выделения бывают представлены и темноцветными минералами, и плагиоклазом. Кварц не характерен. Андезиты принято называть по минералам, образующим вкрапленники: роговообманковые, пироксеновые, плагиоклазовые, биотитовые андезиты и т.д. Пироксеновые андезиты через промежуточные разности пород типа *андезито-базальтов* связаны постепенными переходами с базальтами и обычно встречаются вместе с ними. Цвет серый до темно-серого, в типичных разностях несколько более светлый, чем у базальта. Уд. вес – 2,8–2,9. Твердость высокая. Разновидности: *андезитовые мандельштейны* – по составу минералов, выполняющих миндалины; *андезитовый обсидиан* – стекловатая разновидность андезита; *андезитовая пемза* – пузыристая или пеннистая форма выделений стекловатого андезита.

**Условия образования и нахождения.** Слагают лавовые потоки с глыбовой поверхностью, дайки, интрузивные залежи. Происхождение по-

добно базальтам. Изменения в кайнотипных андезитах обычно выражены слабо, за исключением отдельных зон, где они бывают превращены в *пропилиты* – породы, состоящие из зеленых минералов (эпидота, хлорита и др.), альбита, цеолитов. Изменения палеотипных разностей аналогичны изменениям базальтов (зеленокаменное изменение). Палеотипные аналоги андезитов с порфировой структурой называются *андезитовыми порфиритами*, или просто *порфиритами*, с уточнением по составу вкрапленников (плагноклазовый, пироксеновый, роговообманковый порфирит). Афировые палеотипные аналоги андезитов – *палеоандезит* и *мелафир*. Породы подгруппы андезита-порфирита распространены столь же широко, как и базальты, а во многих районах даже превосходят их. Особенно много андезитовых лав среди излияний современных вулканов Камчатки и Курильских о-вов. Андезиты встречаются также на Кавказе, в Крыму, в Закарпатье, на Дальнем Востоке. Порфириты широко развиты среди зеленокаменных пород в областях развития древних вулканических толщ (Урал, Алтай).

**Диагностика.** В андезитах в отличие от типичных базальтов порфировые вкрапленники представлены обычно как темноцветными (пироксен, роговая обманка), так и светлыми минералами (плагноклаз). Андезиты и порфириты в целом несколько светлее, чем базальты и диабазы. От кислых эффузивов отличаются отсутствием кварца и более темной окраской. Характерно (как и для базальтов) широкое развитие шлаковых и миндалекаменных разностей. Пропилиты отличаются от типичных зеленокаменных пород с трудом.

**Практическое значение.** Неизменные андезиты используются в промышленности в качестве кислотоупорных материалов (каменное литье, плиты и др.). К зонам распространения пропилитизированных андезитов и их туфов приурочены некоторые типы гидротермальных месторождений золота и серебра, связанные с сульфидами железа, цинка, свинца.

## **ГРУППА КИСЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

### **ПОДГРУППА ГРАНИТОИДОВ**

#### **ГРАНИТ**

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, в зависимости от размера зерен полевых шпатов и кварца мелкозернистая (1–2 мм), среднезернистая (3–5 мм) или крупнозернистая (до 1 см и более). Нередко также порфировидная. Текстура массивная. Состав: полевые шпаты – 60–65% (ортоклаз и плагноклаз, причем первый преобладает), кварц – 25–30% и темноцветные минералы – 5–10% (главным образом биотит, значительно реже роговая обманка). Цвет серый, желтоватый, розовато-серый до розового и красного. Твердость высокая. В свежем виде граниты весьма крепкие породы: временное сопротивление сжатию 1200–1800 кг/см<sup>2</sup>, редко снижающееся до 1000 и иногда повышающееся до 3000 кг/см<sup>2</sup>.



По содержанию и характеру темноцветных минералов выделяются следующие разновидности гранита: *алюскит* (не содержащий темноцветных); *лейкократовый гранит* с пониженным содержанием темноцветных; нормальный *биотитовый гранит* (наиболее обычный; темноцветные представлены биотитом); *двуслюдяной гранит* (с биотитом и мусковитом); *роговообманковый* и *роговообманково-биотитовый гранит* (с роговой обманкой вместо биотита или наряду с ним); *щелочной гранит* (с эгирином и щелочными амфиболами; полевые шпаты – ортоклаз и альбит).

По структурно-текстурным особенностям различают разновидности: *порфировидный гранит* – содержит удлиненные либо изометричные вкрапленники, существенно отличающиеся по размерам от минералов основной массы и представленные ортоклазом и кварцем; *пегматоидный гранит* – равномернозернистая гранитная порода с размером выделений полевого шпата и кварца 2–3 см; *рапакиви*, или *финляндский гранит*, – порфировидный гранит, в котором обильные округлые вкрапленники красного ортоклаза величиной 3–5 см окружены каймой зеленовато-серого олигоклаза, а основной массой служит агрегат зерен ортоклаза, плагиоклаза, кварца, биотита и роговой обманки; *гнейсовидный гранит* – равномерно- и мелкозернистый гранит, в котором наблюдается общая грубо параллельная ориентировка чешуек слюды или призматических зерен роговой обманки.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания разнообразны: интрузивные тела небольшого размера (жилы, кольцевые дайки, лакколиты, штоки и т.д.), обширные, обычно несколько вытянутые в одном направлении батолиты или массивы неопределенной формы, протягивающиеся на многие десятки и сотни километров и непрерывно переходящие в поля гранито-гнейсов и мигматитов. Происхождение магматическое: продукт кристаллизации кислой магмы в глубинных зонах земной коры; гранитные породы образуются на месте древних осадочных сильно метаморфизованных пород в результате их частичного или полного плавления.

Изменения гранитов разнообразны. К эндогенным пневматолито-гидротермальным и метасоматическим изменениям относятся: *мусковитизация* – образование двуслюдяных и мусковитовых гранитов; *турмалинизация* – появление вкрапленности или гнезд турмалина; *альбитизация* – замещение первичных полевых шпатов, особенно калиевого, и отчасти кварца мелкозернистым агрегатом альбита с постепенным преобразованием гранита в *альбитит* – белую тонкозернистую породу существенно альбитового состава нередко участковой или полосчатой текстуры. *Грейзенизация* состоит в замещении гранита агрегатом кварца и слюды (мусковита или лепидолита) нередко при участии топаза, флюорита, турмалина, берилла, касситерита и др.; *хлоритизация* выражается в замещении биотита и

роговой обманки гранитоидов хлоритом; *серицитизация* – в замещении полевых шпатов гранита тонкочешуйчатым агрегатом серицита. При метаморфизме граниты превращаются в *гнейсо-граниты*, *ортогнейсы* и т.п.

Гипергенные изменения гранитов заключаются в их выветривании. Физическое выветривание ведет к дезинтеграции гранитных пород, превращению их в дресву и аркозовые пески. Химическое выветривание выражается в каолинизации полевых шпатов и в развитии гидроокислов железа за счет темноцветных; что приводит к формированию глинистых пород. Гранит – наиболее широко распространенная в земной коре магматическая порода. Граниты развиты преимущественно в горных странах (Кавказ, Урал, Саяны, Тянь-Шань, Памир и др.), где осадочные породы смяты в сложные складки и нарушены разломами. Особенно же они характерны для областей, где на поверхности обнажаются древние кристаллические сланцы и гнейсы (Карелия, Украина, Енисейский кряж, Прибайкалье, Саха (Якутия) и т.д.).

**Диагностика.** От других интрузивных пород отличается высоким содержанием кварца и небольшим – темноцветных минералов (преимущественно биотита). Отличие от аркозового песчаника – по формам залегания, структуре и текстуре (отсутствию слоистости).

**Практическое значение.** Используется в строительстве в виде щебня, бутового камня, плит и др.; также как облицовочный материал. Признаки хорошего качества гранита: свежий облик полевого шпата, высокое содержание кварца и низкое – слюды, отсутствие пирита. Одним из лучших сортов гранита, употребляемого для изготовления памятников, для облицовки зданий и т.д., является гранит-рапакиви. Разработка его месторождений ведется в Карелии, на Урале и Украине. С гранитами (преимущественно измененными – альбитизированными и грейзенизированными) связано большинство месторождений олова, вольфрама, молибдена, висмута, тантала, бериллия и ряда других металлов.

#### **ГРАНИТНЫЙ ПЕГМАТИТ**

**Характерные признаки.** Главные типы структур: гранитовая, письменная (собственно пегматитовая), блоковая. Пегматит *гранитовой структуры* – это крупно- или грубозернистая гранитная порода, в которой полевой шпат образует изометричные зерна размером 1–3 см, кварц же располагается между ними. В *пегматите письменной структуры* кварц образует систему вростков внутри относительно крупных моноблоков полевого шпата. Размер кварцевых вростков – от долей миллиметра до нескольких сантиметров. В целом они образуют рисунок, несколько напоминающий древние письмена (отсюда названия структуры и самой породы: *письменный гранит*, *еврейский камень*). Пегматит *блоковой структуры* характеризуется относительно крупными мономинеральными блоками поле-

вого шпата и кварца размером обычно от 10 до 30 см и более, часто с крайне неравномерным их распределением.

Главные типы текстур: массивная, участковая и зональная. Участковая текстура выражается в нахождении отдельных структурных разновидностей пегматита в виде различных по форме и размеру участков в преобладающей массе пегматита какой-либо одной структуры. Зональная текстура характеризуется распределением структурных разновидностей пегматитов в виде параллельных полос. Состав: главные минералы – полевые шпаты и кварц, присутствующие в соотношениях 2:1 или 3:1; второстепенные – биотит, мусковит, гранат, турмалин и др. Широко известны пегматиты, содержащие лепидолит и другие минералы лития и др. Цвет пегматита белый, розовый, серый, реже зеленый (*амазонитовые пегматиты*). По твердости, плотности и прочим свойствам аналогичен граниту.

**Условия образования и нахождения.** Залегает в виде линз, жил и даек в гранитах или в метаморфических породах. Единства мнений о происхождении пегматитов в настоящее время нет. Одни исследователи (школа акад. А.Е. Ферсмана) считают, что пегматиты кристаллизуются из особого остаточного расплава, образующегося после затвердевания основной части гранитной магмы и обогащенного летучими компонентами (фтор, бор, фосфор, вода и др.). Другие авторы (школа акад. А.Н. Заварицкого) полагают, что пегматиты образовались в результате собирательной перекристаллизации (укрупнения зерен главных минералов) гранитных или аплитовых жильных пород. Последующее развитие процессов замещения с образованием альбита, мусковита, литиевых слюд, турмалина и других минералов признается всеми. Изменения при выветривании – как у гранита. Пегматиты распространены преимущественно в областях развития метаморфических пород, прорванных крупными гранитными телами типа батолитов (Европейская часть России, Украина, Урал, Казахстан, Забайкалье, Сибирь).

**Диагностика.** Хорошо определяются по крупно- и гигантозернистой структуре, наличию графических разностей, преимущественно жильной форме залегания и составу.

**Практическое значение.** По характеру рудоносности гранитные пегматиты подразделяются на четыре типа: редкоземельный, мусковитовый, редкометальный и хрусталеносный. Пегматиты различных типов служат важнейшими источниками керамического сырья, пьезооптических минералов (горного хрусталя, флюорита), слюды (мусковита), самоцветов, редких металлов (лития, тантала, цезия, бериллия и др.).

#### ПОДГРУППА ЛИПАРИТА – КВАРЦЕВОГО ПОРФИРА

##### *Липарит*

**Характерные признаки.** Порода плотная или пористая, с порфировой структурой и полосатой флювиальной текстурой (следствие течения ла-

вы). Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая. Порфиоровые вкрапленники представлены преимущественно полевыми шпатами: плагиоклазом и санидином (бесцветным и прозрачным), кварцем, иногда в небольшом количестве биотитом и (или) роговой обманкой. При понижении содержания калиевого полевого шпата до 0–5% порода получает название *дацит* (эффузивный аналог кварцевого диорита). Цвет белый, желтоватый, светло-серый, иногда розоватый. Разности со стекловатой основной массой иногда просвечивают в тонком сколе. Излом раковистый. Порода твердая. Уд. вес 2,6. Разновидность *фельзит* – без кварцевых вкрапленников; обычно афировой структуры.

**Условия образования и нахождения.** Залегает в виде куполов, лакколитов, игл и т.д.; менее характерны небольшие потоки и покровы. Происхождение магматическое (вулканическое). Кислые лавы очень вязки, и в процессе их извержения образуются большие массы пирокластического материала. Поэтому липариты постоянно сопровождаются накоплениями обломочных вулканических продуктов: туфов, туфобрекчий и др.; очень характерно также широкое развитие кислых вулканических стекол и пемз. Изменения выражаются в развитии по первичным минералам и стеклу тонкозернистого агрегата серицита, каолинита, кальцита, хлорита, кварца и др. Липариты встречаются на Сев. Кавказе, в Крыму, Армении, Азербайджане, на Камчатке (современные вулканы) и др. Кварцевые порфиры широко распространены на Урале, в Казахстане, на Алтае и др.

**Диагностика.** Светлая окраска, почти постоянное присутствие вкрапленников кварца и санидина. Вкрапленники темноцветных минералов представлены в очень небольшом количестве или отсутствуют.

**Практическое значение.** Строительный камень. Некоторые кварцевые порфиры (алтайские и др.) используются как декоративный материал.

#### **ОБСИДИАН**

**Характерные признаки.** Структура стекловатая. Текстура однородная или пятнистая, часто полосчатая, со следами течения (флюидальная) или брекчиевидная. Обсидиан – кислое вулканическое стекло, содержащее более 70%  $\text{SiO}_2$  и не более 1%  $\text{H}_2\text{O}$ . Цвет серый, черный, красновато-бурый. В тонких сколах просвечивает зеленым или буроватым. Блеск стеклянный, глянцевый. Излом раковистый. Твердость высокая (царапает стекло). Уд. вес 2,2–2,3. Разновидности – пехштейн и витрофир. *Пехштейн* – вулканическое стекло с содержанием воды 1–10%, темной окраской и смоляным блеском. *Витрофир* – кислое вулканическое стекло, содержащее редкие порфиоровые выделения кварца, биотита, полевых шпатов.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания – небольшие потоки, купола, иглы. Происхождение вулканическое. Изменения практически отсутствуют. Встречается в большинстве районов развития молодого

кислого вулканизма совместно с липаритами, пемзами, кислыми пирокластическими породами (Закавказье, Закарпатье, Забайкалье).

**Диагностика.** Легко определяется по высокой твердости, яркому блеску, стекловидному облику и условиям нахождения в природе.

**Практическое значение.** Красивые разности используются как поделочный и декоративный камень.

### **ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ РЯД**

## **ГРУППА КИСЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПОВЫШЕННОЙ ЩЕЛОЧНОСТИ**

### **ПОДГРУППА ИЗВЕСТКОВО-ЩЕЛОЧНОГО СИЕНИТА**

#### **СИЕНИТ**

**Характерные признаки.** Структура полнокристаллическая, равномернозернистая или порфириовидная. Текстура массивная, редко гнейсовидная. Состоит из полевых шпатов (ортоклаза или микроклина и плагиоклаза) – 80–85% и темноцветных минералов (пироксена, роговой обманки, биотита) – 10–20%. Содержание кварца 0–5%. При повышении содержания кварца – переход через *граносиениты* (10–20% кварца) к граниту. Акцессорные минералы – сфен, апатит, магнетит. Цвет розовый, красный, светло-серый, белый. Порода твердая, прочная. Отдельность плитчатая, матрацевидная (как у гранита). Разновидность – *щелочной сиенит*: 80–85% калиевого полевого шпата и альбита, 10–20% темноцветных (эгирина, рибекита). Акцессорные минералы – циркон, сфен, иногда гранат.

**Условия образования и нахождения.** Залегают в краевых зонах гранитных массивов, реже в виде самостоятельных небольших интрузивных тел: штоков, жил. Известково-щелочные сиениты образуют лакколиты или слагают краевые зоны массивов нефелиновых сиенитов. Образуется при кристаллизации магмы, богатой  $K_2O$  и бедной  $SiO_2$ . Изменения: развитие хлорита, эпидота, уралита по темноцветным минералам; серицита, карбоната, глинистых минералов – по полевому шпату. Районы распространения сиенитов: Урал, Енисейский кряж, Забайкалье, Казахстан и др. Щелочные сиениты известны на Кольском п-ове, в Приазовье и в других местах.

**Диагностика.** Отличие от гранита: отсутствие или низкое содержание кварца, повышенное содержание темноцветных минералов (до 20%).

**Практическое значение.** Строительный камень. На Урале с сиенитами связаны богатые месторождения железных руд.

### **ПОДГРУППА ТРАХИТА – ОРТОФИРА**

#### **ТРАХИТ**

**Характерные признаки.** Структура порфировая. Основная масса стекловатая или скрытокристаллическая, микрозернистая. Текстура полошчатая, флюидальная, слегка пористая. Мелкие кристаллы полевых шпатов в основной массе обычно сгруппированы в струи и потоки, огибающие

вкрапленники и ориентированные соответственно полосчатости течения, нередко наблюдаемой визуально. Основная масса трахита – агрегат плотно прилегающих мелких удлиненных кристаллов санидина и кислого плагиоклаза, между которыми заключены небольшие количества пропитывающего этот агрегат стекла. Вкрапленники – кристаллы санидина и плагиоклаза и в небольшом количестве – темноцветных минералов: пироксенов, зеленой роговой обманки, реже бурого биотита. Кварц встречается только в миндалинах. Цвет белый, светло-серый, желтоватый, розоватый. Порода твердая, крепкая, с шероховатым неровным изломом. Уд. вес около 2,5.

**Условия образования и нахождения.** Залегают аналогично липариту. Обычно сопровождается отложениями обломочных продуктов (туфов) близкого состава и встречается совместно с липаритами, андезитами, оливиновыми базальтами. Представляет собой застывшую лаву многих современных и древних вулканов. Изменения выражаются в замещении полевых шпатов серицитом и глинистыми минералами, также цоизитом (*соссюрит*), а темноцветных – хлоритом, окислами железа, эпидотом и др. Сохраняются лишь вкрапленники ортоклаза или микроклина. Измененные трахиты носят название *трахитовых порфиров*, или *ортофиров*. Эти палеотипные породы отличаются от кайнотипных трахитов яркой окраской (красной, зеленой, бурой) и меньшей твердостью. Распространение – см. липарит, андезит. Ортофиры встречаются в Крыму, на Кавказе, на Урале, Алтае, в Казахстане, Восточной Сибири и др.

**Диагностика.** Отсутствие кварца во вкрапленниках. Для трахита: светлая окраска, характерная шероховатая поверхность и специфическая струйчатая текстура. Для ортофира: яркие цвета, состав вкрапленников (только калиевый полевой шпат), присутствие вторичных минералов.

**Практическое значение.** Строительный камень.

### 2.2.2 Осадочные горные породы

Характерной и отличительной особенностью осадочных пород является залегание в форме слоев, слоистая текстура, или слоистость, а также присутствие в них разнообразных остатков фауны или флоры. Существуют горные породы, в основном сложенные этими остатками (некоторые известняки, кремнистые породы, торф и др.). Иногда в породах встречаются отпечатки или окаменевшие остатки скелетов древних животных или стеблей и листьев растений. Обычно же обнаружить их бывает нелегко либо невозможно без применения микроскопа. Специальное изучение этих остатков – область палеонтологии и палеоботаники.

### **ОБЛОМОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ** **ГРУППА ГРУБООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД**

В эту группу объединяются обломочные породы, в которых размер обломков превышает 2 мм.

### **КОНГЛОМЕРАТ**

**Характерные признаки.** Порода состоит из окатанных (округлых или уплощенных) обломков – галек и из связующей массы – цемента и имеет однородную или слоистую конгломератовую текстуру. По составу галек конгломераты делятся на *олигомиктовые* (в гальках преимущественно 2–3 разновидности горных пород) и *полимиктовые* (разнообразие пород в гальках велико). Цемент бывает известковым, кремнистым, железистым, фосфатным, глинистым, песчанистым. Нередко цемент представляет собой как бы самостоятельную обломочную породу: песчаник, суглинок и т.д. Окраска обычно неоднородная, пестрая. Порода крепкая. Твердость средняя (соответствует твердости цементирующего вещества).

**Условия образования и нахождения.** Грубослоистые толщи конгломератов мощностью до нескольких сотен метров образовались в предгорных и горных областях, где в соответствующие периоды времени имели место значительные вертикальные движения земной коры, сопровождавшиеся активным размывом суши горными потоками. Часто конгломераты присутствуют в ледниковых отложениях. Распространены на склонах Главного Кавказского и Уральского хребтов, в Карпатах, на Памире и др.

**Диагностика.** Отличительным признаком породы является ее текстура, т.е. преобладание хорошо скатанной гальки (валунов, гравия).

**Практическое значение.** Строительный камень местного потребления. Иногда с конгломератами связаны месторождения золота, меди и др.

### **ГРУППА СРЕДНЕ – И МЕЛКООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД**

Группа объединяет обломочные породы с размером обломков от долей миллиметра до 2 мм.

#### **РЯД РЫХЛЫХ ПОРОД**

##### **ПЕСОК**

**Характерные признаки.** Однородный или слоистый агрегат весьма слабо связанных обломочных зерен размером от 0,1 до 2 мм. Минеральный состав очень разнообразен, в связи с чем выделяется несколько разновидностей песков, различающихся также по физическим свойствам. Главнейшими из них являются следующие: *олигомиктовые пески* – кварцевый, полевошпато-, слюдисто- и глауконито-кварцевый, – характеризующиеся резким преобладанием одного минерала, в частности кварца (до 90%), среди обломочных зерен; *полимиктовые пески* – *аркоз* (в обломочных зернах доминирует полевой шпат), *граувакковый* песок (в песчинках – разнообразные осадочные и магматические горные породы и минералы) и др. Окраска песка зависит от преобладания в его составе того или иного минерала и может быть белой, светло-серой (кварцевый песок), зеленой, зеле-

новато-серой (глауконито-кварцевый), розовой, розовато-серой (аркоз), серой, темно-серой, зеленоватой (граувакковый песок), бурой различной интенсивности и разнообразных оттенков (прочие полимиктовые пески).

**Условия образования и нахождения.** Пески залегают в виде слоев и линз среди других осадочных пород и являются продуктами физического и химического выветривания различных горных пород, длительного и многократного перебива и сортировки обломочного материала текучими водами или морским прибоем и отложения на дне водоемов. Полимиктовые разновидности распространены повсеместно. Месторождения олигомиктовых (кварцевых) песков распространены очень широко.

**Диагностика.** Разновидности песков определяются по минеральному составу обломочных зерен. Для очистки их поверхности от пленок гидрокислов железа и других вторичных продуктов рекомендуется промывка песка в воде и в разбавленной соляной кислоте.

**Практическое значение.** Кварцевые пески используются как сырье для стекольной промышленности; как абразивный материал; как формовочный материал. Глауконито-кварцевый песок содержит до 6%  $K_2O$  и представляет собой ценное калийное удобрение. Полимиктовые пески широко применяются в дорожном строительстве. С речными песчаными отложениями бывают связаны россыпные месторождения золота, платины, алмазов, касситерита. С древними и современными морскими песками ассоциируют россыпные месторождения ильменита, магнетита, циркона.

#### **ЛЕСС (АЛЕВРИТ)**

**Характерные признаки.** Пылеватая порода (мелкозем), состоящая из неразличимых невооруженным глазом обломочных частиц размером 0,1–0,05 мм. Неслоистый. Легкий, пористый. Светло-желтый или светло-бурый. Очень мягкий, легко истирающийся пальцами в тонкий порошок; при этом присутствие песчинок не чувствуется. На ощупь сухой (не жирный). Под действием  $HCl$  вскипает. Углекислая известь концентрируется в лессе в виде фигурных желвачков. Иногда попадаются раковины наземных моллюсков, кости млекопитающих. В воде размокает.

**Условия образования и нахождения.** Результат накопления в течение многих тысячелетий пылеватого материала, поднимаемого в воздух и переносимого на громадные расстояния ветрами пустынь и песчаными бурями в условиях жаркого климата. Аналогичные лессу слоистые и более плотные *лессовидные суглинки* образуются в значительно меньших масштабах в результате намывания тонкообломочного материала текучими водами на склонах возвышенностей или в поймах рек. Лесс распространен на огромных территориях, окаймляющих центрально-азиатские пустыни. В юго-западной и южной части Европейской России он залегает в виде мощного пласта непосредственно под почвой.



**Диагностика.** Легко определяется по указанным выше физическим свойствам, поведению в воде и взаимодействию с HCl.

**Практическое значение.** Почва, образующаяся на лессе, обладает при искусственном орошении большой плодородностью. Высокая пористость лесса, его свойство впитывать воду и превращаться в подвижную массу, способную течь (плывун) вызывают большие затруднения при строительстве зданий и подземных сооружений (тоннели метрополитена и т. п.) в увлажненном лессовом грунте.

## РЯД СЦЕМЕНТИРОВАННЫХ ПОРОД

### **ПЕСЧАНИК**

**Характерные признаки.** Однородный или слоистый агрегат обломочных зерен размером от 0,1 до 2 мм (песчинок), прочно связанных каким-либо минеральным веществом (цементом). Структура песчаника определяется размером обломочных зерен. Минеральный состав последних крайне разнообразен, в связи с чем выделяют олигомиктовые и полимиктовые разновидности песчаников. К *олигомиктовым* относятся кварцевые песчаники (более 90% обломочного материала составляет кварц), полевошпато-, слюдисто-, глауконитово-кварцевые и др., среди обломочного материала главную роль (60–90%) играет также кварц. *Полимиктовыми* являются *аркозовые* песчаники – с заметным преобладанием полевого шпата над кварцем, *граувакки* – темноокрашенные песчаники сложного состава и др. Состав цемента определяет физические свойства песчаника: опаловый, халцедоновый цемент – высокую твердость и прочность; гипсовый, глинистый, мергелистый или известковый цемент – среднюю твердость; глинистый цемент – малую прочность. Наиболее распространена серая окраска песчаников с буроватым или зеленоватым (в глауконитовых песчаниках) оттенками. Чисто кварцевые песчаники обычно белые или светло-серые. Присутствие в составе цемента гидроокислов железа придает песчанику ржаво-бурюю или темно-красную окраску, а органических веществ (битумов) – темно-коричневую или черную окраску. Многоминеральный, трудно диагностируемый состав обломков и цемента присущ грауваккам – массивным, очень крепким разнотернистым породам темно-серого и черного цвета с характерными пестрыми оттенками: зеленоватым, буроватым, красноватым, лиловатым и т.п.

**Условия образования и нахождения.** Песчаники – это цементированные пески. Цементация происходит либо в процессе окаменения осадка, и тогда песчаники залегают слоями, либо позднее, в связи с проникновением поверхностных или глубинных вод по трещинам и порам в песок. В этом случае рыхлый осадок преобразуется в песчаник участками, и последний имеет линзообразную форму залегания. Известковый цемент характерен для песчаников морского происхождения, железистый – конти-

нентального, глауконитовый – мелководного морского, гипсовый – озерного или лагунного происхождения. Граувакки являются продуктом размыва главным образом основных и средних вулканических пород. Песчаники широко распространены на Украине, в Европейской части России, на Северном Кавказе и в Закавказье, в Сибири и на Дальнем Востоке.

**Диагностика.** Мелкообломочный характер, преимущественно высокая крепость – главные отличительные особенности песчаника. Разновидности определяются по минеральному составу обломков и цемента. Граувакки можно спутать с некоторыми разностями вулканических туфов.

**Практическое значение.** Кварцевые песчаники служат материалом для производства динаса – огнеупорного кирпича; флюсом при выплавке меди и никеля; сырьем для получения ферросилиция, карборунда и силимина. В строительстве песчаники используются как облицовочный материал, бутовый камень, щебень. Слои слабо сцементированных и трещиноватых песчаников нередко бывают водоносными, а в районах распространения нефти служат ее главными естественными вместилищами (коллекторами). Нахождение *битуминозных песчаников* – один из признаков нефтеносности района. С грубозернистыми песчаниками иногда ассоциируют небогатые окисные и карбонатные марганцевые руды. Они представляют собой черные плотные, либо рыхлые и пористые породы с обильными округлыми пустотами, в которых заключены зерна кварца, слабо сцементированные окислами и гидроокислами марганца. Суммарное содержание окислов марганца достигает 10–20%.

## **КОЛЛОИДНО-ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

### **ГРУППА ГЛИНИСТЫХ ПОРОД**

Эти породы – одни из самых распространенных осадочных пород; они слагают более 50% площади, занятой осадочными породами. Глинистые породы состоят из частиц размером менее 0,01–0,001 мм и имеют землистый облик. Их текстура массивная однородная либо слоистая. Слоистость бывает параллельной, реже линзовидной и прерывистой. Состав обычно смешанный (*полимиктовые*), реже с преобладанием одного минерала (*олигомиктовые*). Главные минералы: каолинит, галлуазит, гидрослюды и монтмориллонит и др. Минеральный состав глинистых пород может быть определен в первом приближении по их физическим свойствам. Точная диагностика возможна с применением оптических методов и химического анализа, а также путем окрашивания породы органическими красителями.

Различия в физических свойствах позволяют выделить две подгруппы: *пластичных* и *непластичных* глинистых пород. Главные свойства первых, неодинаково проявленные у различных представителей, следующие: способность впитывать воду и быстро размокать в воде, превращаясь в пластическую массу; способность вследствие поглощения воды увеличи-

ваться в объеме, приобретать липкость, а при высыхании уменьшать объем; свойство поглощать различные химические элементы; огнеупорность – способность выдерживать высокую температуру не сплавляясь. В зависимости от температуры плавления глины бывают *огнеупорными* ( $> 1580^\circ$ ), *тугоплавкими* ( $1350\text{--}1580^\circ$ ) и *легкоплавкими* ( $< 1350^\circ$ ). Непластичные глинистые породы перечисленными свойствами, за исключением огнеупорности, не обладают.

#### ПОДГРУППА ПЛАСТИЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

##### **КАОЛИНИТОВАЯ ГЛИНА И КАОЛИН**

**Характерные признаки.** В сухом виде кусковатая, слабо связанная, реже – прочная порода. Состоит преимущественно из каолинита. На ощупь жирная, пачкает руки. Твердость низкая. В увлажненном состоянии малопластичная, не разбухает или разбухает очень слабо. Цвет белый, желтовато-белый, светло-серый, при наличии примесей – до черного. Высоко огнеупорна (температура плавления  $1670\text{--}1730^\circ\text{C}$ ). После обработки щелочью способна поглощать жиры и другие вещества. Разновидности выделяются в связи с примесью песчанистого материала (*песчаный каолин*).

**Условия образования и нахождения.** Представляет собой остаточный продукт химического выветривания гранитоидов, кристаллических сланцев, гнейсов, аркозовых песчаников, образующийся в условиях влажного, умеренно-теплого или субтропического климата. Каолиновая кора выветривания покрывает материнские породы мощным (до 100 м) плащом на обширных территориях. Кроме того, каолинистая глина образуется в результате размыва коры выветривания текучими водами и переотложения материала в прибрежно-морской и озерно-лагунной обстановке. Каолинистые глины известны на Урале, в Украине, Таджикистане, Сибири.

**Диагностика.** Каолинистые глины отличает светлая окраска, низкая твердость, способность размокать в воде почти не разбухая.

**Практическое значение.** Чистый каолин – основное сырье в производстве фарфора, фаянса, изделий тонкой керамики; наполнитель в производстве бумаги (придает ей белизну, гладкость поверхности, повышает плотность); наполнитель в производстве резины, особенно белой или цветной, увеличивающий ее прочность и упругость. Употребляется также в производстве алюминия и сернокислого глинозема, в парфюмерии и др.

##### **ПОЛИМИКТОВАЯ ГЛИНА**

**Характерные признаки.** В сухом состоянии землистая, кусковатая, легко рассыпающаяся, твердость низкая; в сыром – липкая, пластичная. В воде не разбухает, при размачивании распадается на комочки и мелкие чешуйки. На ощупь бывает как жирной, так и сухой. Состоит преимущественно из гидрослюд с разнообразными примесями. Часто содержит небольшую примесь песчаного материала, ощущаемую при растирании гли-

ны между пальцами. Встречаются как тугоплавкие, так и легкоплавкие разновидности. Цвет серый, коричневато-серый, красноватый различных оттенков, зеленоватый, голубовато-серый. Окраска может быть пестрой. Разновидность: *ленточные глины* – тонкослоистые породы, представленные частым чередованием глинистых и песчано-пылеватых пропластков.

**Условия образования и нахождения.** Форма залегания – слои, линзовидные и плащеобразные залежи. Образуется в результате химического выветривания горных пород в условиях холодного и умеренного, полусухого и влажного климата и в связи с деятельностью ледников; отлагается на дне озер и речных долин, на склонах возвышенностей. Ленточные глины образовались в период отступления ледника, переотложения материала морены тальми водами: песчанистые прослойки во время летних паводков, глинистые – между сезонами паводков. Широко известны полимиктовые глины морского происхождения, бывшие ранее илистыми осадками, которые образовались вследствие быстрой коагуляции выносимых реками коллоидных частиц глинозема и кремнезема, попадающих в соленую морскую воду. Распространены в России, Украине, Беларуси и др.

**Диагностика. Практическое значение.** См. суглинок.

#### ПОДГРУППА НЕПЛАСТИЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

##### *Аргиллит*

**Характерные признаки.** Порода камнеподобная, очень плотная. Твердость средняя. Отдельность остроугольно-кусковатая с неровным, чаще раковистым или яшмовидным изломом либо скорлуповатая, тонкоплитчатая и листоватая, часто непараллельная слоистости. Плитчатые аргиллиты называют иногда глинистыми сланцами. Состав смешанный (полимиктовый) или преимущественно гидрослюдистый. Цвет разнообразен; типичны преимущественно темные тона до черного в связи с примесями углистого вещества.

**Условия образования и нахождения.** Продукт наиболее полного старения, уплотнения и окаменения первоначально гелеподобных богатых водой осадков. Эти процессы наиболее активно происходили в обстановке смятия горных пород в складки и горообразования. Аргиллиты широко распространены в горных странах и примыкающих к ним областях.

**Диагностика.** Темная окраска, характер отдельности и излома, средняя твердость. Не размокает в воде. Не горит.

**Практическое значение.** Не имеет.

#### ГРУППА ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ПОРОД

##### *Боксит*

**Характерные признаки.** Структура бобовая, оолитовая, иногда афанитовая (плотная с неразличимыми минералами) или колломорфная; текстура массивная, конгломерато- или брекчиевидная. Состоит из гидратов

глинозема (гидраргиллита, бемита, диаспора), глинистых минералов, хлорита, сидерита, окислов и гидроокислов железа, пирита, кварца и др. По количественным соотношениям минералов – гидратов глинозема различают *бемит-диаспоровые*, *гидраргиллитовые* и *смешанные бокситы*. Содержание  $Al_2O_3$  в бокситах колеблется от 28 до 45%,  $Fe_2O_3$  от 2 до 50-60%. Иногда отмечаются повышенные содержания Ga, Zr, Zn, Co, Ni, V, Cr, Cu, Ba, Sr, редких земель. Обычно боксит – это каменистая порода средней или высокой твердости. Реже он землистый, слабо связанный, пачкает руки. В увлажненном состоянии непластичен. Уд. вес 3. Цвет красный, коричневый, серый до белого соответственно снижению содержания железа.

**Условия образования и нахождения.** Бокситы залегают в виде линз, пластообразных залежей, гнезд. По происхождению среди бокситов выделяют *остаточные (латеритные)* – продукты химического выветривания щелочных и кислых магматических пород в условиях тропического климата (красноцветные породы этого типа, и в частности бокситы, называются *латеритами*) и *коллоидно-осадочные* (прибрежно-морские и континентальные). *Прибрежно-морские (лагунные)* бокситы, как правило, располагаются на неровной закарстованной поверхности известняков и перекрываются слоистыми мергелями или битуминозными известняками. Среди *континентальных* месторождений бокситов различают четыре основные группы: 1) *склоновые, или делювиальные*, формируются и залегают на склонах; 2) *долинные* слагают линзы среди ископаемых, преимущественно каолинистых глин, выстилающих древние овраги; 3) *озерные (котловинные)* образовались в центральных и прибрежных частях озерных котловин и тоже часто сопровождаются каолинистыми глинами; 4) *карстовые* заполняют и перекрывают карстовые воронки и понижения в рельефе, обычно подстилаясь остаточными каолинистыми глинами, под которыми залегают карбонатные породы. Остаточные (латеритные) бокситы известны в Енисейском крае; прибрежно-морские – на Урале, в Саянах; континентальные – в р-не Урала и Северном Казахстане.

**Диагностика.** Сводится к определению входящих в состав минералов – гидратов глинозема.

**Практическое значение.** Главный источник получения алюминия. При содержании 50-60% окиси железа бокситы приобретают также значение железных руд.

### **ХЕМОГЕННЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ** **ГРУППА ГАЛОИДНЫХ ПОРОД (СОЛЕЙ)** **ГАЛИТИТ (КАМЕННАЯ СОЛЬ)**

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, иногда порфиридная. Размер зерен варьирует от долей миллиметра до 2–3 см. Текстура тонкослоистая, ритмично-слоистая; брекчиевидная, плейча-

тая (мелкие складки); также массивная, однородная, грубо- и неяснослоистая. Иногда в натечных выделениях. Состоит из галита. В виде примесей могут присутствовать гипс, ангидрит (до 30–40%), сильвин, карналлит, бораты, битумы, глинистые частицы, окислы и гидроокислы железа, различные обломочные зерна и др. Порода каменная, хрупкая. Твердость средняя. Блеск стеклянный. Растворяется в воде. На вкус соленая. Бесцветна или окрашена в серые, бурые, красные, желтые тона, иногда многоцветна.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания – слои, линзовидные залежи, штоки, купола значительных размеров. Представляет собой литифицированный химический осадок, образовавшийся в бессточных соляных озерах и замкнутых морских бассейнах вследствие интенсивного испарения воды в условиях сухого и жаркого климата. Распространена на Украине, в Беларуси, России и др.

**Диагностика.** Определение породообразующих минералов.

**Практическое значение.** Один из необходимых пищевых продуктов для человека и животных; широко используется в различных отраслях пищевой и легкой промышленности. Употребляется для получения соляной кислоты, хлора, соды, металлического натрия, едкого натра, хлорной извести, сульфата натрия, в производстве органических красителей и т.д.

**СИЛЬВИНИТ (КАЛИЙНАЯ СОЛЬ)**

**Характерные признаки.** Структура и текстуры аналогичны каменной соли. Состоит из агрегата сильвина (15–75%) и галита. Минеральные примеси: ангидрит, доломит, магнезит, карналлит, глинистый и обломочный материал и др. По физическим свойствам во многом подобен каменной соли. На вкус жгучий, горько-соленый. Цвет розовый, красный различных оттенков – от светлых оранжевых до темных ржавых или сургучных. Распространены также пестрые сильвиниты с характерным чередованием молочно-белых, красных и синих пропластков.

**Условия образования и нахождения.** Залегают в виде линз, слоев, часто деформированных в сложные складки. Образуется подобно каменной соли в полужамкнутых морских бассейнах. Сильвиниты распространены в Беларуси, на Урале, в Башкортостане, Таджикистане и др.

**Диагностика.** Состоит в определении главных породообразующих минералов.

**Практическое значение.** Калийные удобрения в сельском хозяйстве; сырье для получения едкого кали, поташа и других соединений калия.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

### **ГРУППА КРЕМНИСТЫХ ПОРОД**

#### **КРЕМЕНЬ**

**Характерные признаки.** Однородный или полосчатый скрытокристаллический, очень плотный агрегат кремнезема – халцедона и кварца с

большой или меньшей примесью опала, а также гидроокислов железа, органического вещества и остатков кремнистых скелетов морских организмов. Каменистый, хрупкий. Твердость высокая. Излом раковистый. Раскалывается на обломки с остро режущими краями. Цвет разнообразный: белый и светло-серый (чистый кремень), коричневый, красноватый или бурый различной интенсивности (примесь гидроокислов железа), темно-серый и черный (примесь органического вещества). Цвет следует определять на свежем сколе: на выветренной поверхности кремень обычно светлее. Окраска породы может быть неоднородной (пятна, полосы). В тонких сколах кремень нередко просвечивает.

**Условия образования и нахождения.** Залегает в виде протяженных пластов, тел равномерного «пропитывания» карбонатной породы веществом кремня, неправильных линз, прожилков, округлых, пальцеобразных и причудливо ветвистых желваков (конкреций) размером от долей сантиметра до 0,5 м и более в толщах известняков, доломитов, реже мергелей, трепелов, глин и песчаников. Образуется в результате осаждения кремнезема в виде геля из морской воды на дне водоема либо из коллоидных растворов в трещинах и порах уже сложившихся горных пород, последующего старения геля и его раскристаллизации. Распространен в известняках и отложениях мела в России, Беларуси и Украины.

**Диагностика.** Высокая твердость, характер излома, скрытокристаллическое строение.

**Практическое значение.** Из кремня изготавливают шлифовальные шкурки для отделки и полировки дерева и кожи.

## **ГРУППА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

### **ИЗВЕСТНЯК**

**Характерные признаки.** Структура крайне разнообразна, служит основой для выделения большого количества разновидностей известняка. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная и др. Порода состоит из кальцита, редко – арагонита. Обычные примеси: доломит, кремнистое вещество, песчаный и глинистый материал, битумы. Повышение их содержания в известняке ведет к образованию породы смешанного состава: соответственно доломитового, кремнистого, песчаного известняка, мергеля, битуминозного известняка и т.д. Многие известняки содержат остатки раковин или иных скелетов морских организмов. Порода каменистая, прочная, иногда бывает землистая, слабо связанная (мел). Твердость средняя. Излом неровный. В воде не размокает. Цвет обычно белый, светло-серый, реже темно-серый и черный – вследствие примеси углистого вещества, желто-бурый – в связи с примесью гидроокислов железа, зеленоватый – из-за примеси глауконита. Бурно растворяется в HCl (вскипает).

Главнейшие разновидности известняка:

1) *Органогенный известняк* состоит в основном из целых раковин или их обломков (детрита), сцементированных карбонатным веществом. Представителями органогенных известняков, в частности, являются: *известняк-ракушечник* – легкий, пористый, белый, желтый или серый, почти целиком сложенный крупными (0,5–2 см) раковинами моллюсков или обломками таких раковин; *рифовый известняк* – чрезвычайно богатый и разнообразный в отношении остатков фауны: кораллов, мшанок, морских лилий, моллюсков и др.; *нуммулитовый* и *фузулиновый* известняк состоящий из раковин древних простейших: нуммулитов и фузулин.

2) *Мел* – микрозернистая (размер зерен менее 0,01 мм), тонкопористая порода. Состоит из мельчайших, видимых лишь под микроскопом зерен кальцита и обломков скелетов моллюсков и водорослей, иногда с примесью глинистых минералов (*мергелистый мел*) или обломочных зерен кварца (*песчанистый мел*), которые обнаруживаются лишь после полного растворения кусочка мела в HCl.

3) *Оолитовый известняк* – агрегат сферических или эллипсоидальных оолитов кальцита размером от долей миллиметра до 2–2,5 мм, сцементированных скрытокристаллическим карбонатным веществом (оолитовая структура). Оолиты имеют концентрически-зональное, реже радиально-лучистое строение, причем в центре каждого из них находится мельчайший обломок раковины, песчинка или зерно кальцита.

4) *Известковый туф* (синоним – *травертин*) – микрозернистая, пористая, ноздреватая неслоистая порода, нередко содержащая отпечатки листьев и стеблей наземных растений.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания – слои и мощные слоистые толщи; куполовидные массивы, линзовидные тела и различные по величине и форме гнезда (рифовые известняки). Органогенные известняки образовались вследствие отмирания морских организмов и накопления их скелетов в осадках на дне водоема. Благоприятными условиями для развития таких организмов были мелководные, теплые моря со спокойным течением при отсутствии сноса обломочного материала с суши. Мел имеет органогенно-химическое происхождение. Это продукт совместного накопления на дне водоема илоподобного химического карбонатного осадка и остатков известковых скелетов микроорганизмов. Оолитовый известняк и известковый туф – продукты химического осаждения карбоната кальция, первый – в морских водоемах, второй – из углекислых вод минеральных источников.

Наиболее распространенные изменения известняков – окремнение (замещение кальцита халцедоном), доломитизация (замещение доломитом). На поверхности под воздействием текучих вод, являющихся нередко слабокислыми растворами и проникающих в карбонатную толщу по тре-



щинам, известняки часто растворяются. При этом образуются воронки, колодцы, провалы, пещеры, подземные каналы и другие проявления карста. Известняки распространены практически повсеместно. Органогенные известняки широко известны в Крыму, на Черноморском побережье Кавказа и в Приуралье (рифовые); мел – в Воронежской, Курской, Белгородской областях России и примыкающих областях Украины, в Среднем и Нижнем Поволжье; известковые туфы – в районе Пятигорска, в Армении и др.

**Диагностика.** Средняя твердость (у большинства разновидностей), неразмокаемость в воде, бурное вскипание под воздействием HCl (без нагревания) в любом участке породы. Мел может иметь низкую твердость, легко крошится и пачкает пальцы, слегка прилипает к языку.

**Практическое значение.** Определяется высокой прочностью (временное сопротивление сжатию до 900 кг/см<sup>2</sup> и более), средней твердостью и связанной с этим возможностью распила известняка на правильные блоки и плиты, обилием чистых разновидностей, лишенных примесей фосфора, серы, кремнезема и др. Области применения известняков следующие: строительный и бутовый камень; флюс в черной и цветной металлургии; сырье для производства извести, цемента и др.; добавка в стекольном производстве; наполнитель для некоторых сортов бумаги; литографский камень в полиграфической промышленности; абразивный материал для тонкой шлифовки и полировки металлоизделий; технологическое сырье в пищевой промышленности; минеральная добавка в корм скота и птицы. Молотый известняк используется для известкования почв.

### **ГРУППА ФОСФАТНЫХ ПОРОД**

Фосфоритами называются осадочные горные породы, содержащие не менее 8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в форме фосфата кальция.

#### **ФОСФОРИТ ПЛАСТОВЫЙ**

**Характерные признаки.** Структура скрытокристаллическая, аморфная или зернистая; зерна размером от 0,2 до 1 мм представляют собой мельчайшие оолиты, сцементированные аморфным фосфатным веществом, реже несцементированные (фосфатный песок). Текстура массивная, однородная, местами тонкослоистая. Порода состоит преимущественно из аморфных и скрытокристаллических разновидностей минералов группы апатита. Примеси: кальцит, доломит, опал, кварц, глауконит, пирит, глинистые минералы, органические остатки и др. Пластовые фосфориты обычно содержат 30–35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Сцементированные фосфориты часто плотные, вязкие, крепкие. Твердость средняя до высокой. Излом неровный или раковистый. Удельный вес около 3. Цвет белый, желтоватый, зеленоватый, бурый различной интенсивности до черного (в связи с разнообразными примесями).

**Условия образования и нахождения.** Форма залегания – выдержанные пласты мощностью от долей сантиметра до 15–17 м. По происхожде-

нию представляет собой морской органогенно-химический осадок. Фосфатные оолиты – это фосфатизированные мелкие копролиты (окаменелый ископаемый помет животных). Распространен в Казахстане, Башкортостане, Поволжье.

**Диагностика.** Чтобы определить пластовые фосфориты и отличить их от обычных сходных с ними песчано-глинистых пород, рекомендуется простое химическое испытание на фосфор.

**Практическое значение.** Фосфориты наряду с апатитами и калийными солями относятся к так называемым агрономическим рудам. Это один из основных видов сырья для изготовления фосфорных удобрений.

### **ОРГАНОГЕННЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

В подраздел включены каустобиолиты. Этим термином обозначаются ископаемые горючие материалы, которые имеют большей частью органическое происхождение, т.е. построены преимущественно из окаменевших в разной степени переработанных и разложенных остатков растений и микроорганизмов. К каустобиолитам относятся горючие сланцы, торф, ископаемые угли, природные битумы, нефть и природный горючий газ. Соответственно каустобиолиты делятся на твердые, жидкие и газообразные.

#### **ГРУППА ТОРФА**

##### **Торф**

**Характерные признаки.** Текстура однородная, иногда слоистая, листоватая или пористая. Структура обычно волокнистая. Состоит из остатков растений, в разной степени разложившихся и обугленных, перемешанных с глиной и песком; присутствуют также гумусовые вещества. Содержание углерода – около 60%, водорода – 20%, зольность до 60–70%, влажность в воздушно-сухом состоянии до 20%. Цвет бурый до черного. Торф обычно кусковатый, слабо связанный, легко ломается руками. Плотный либо пористый. Твердость низкая. В сухом состоянии очень легкий (удельный вес 0,70–0,75). Горюч. Теплотворная способность кусковатого торфа 2650–3120 ккал/кг. Гигроскопичен.

По составу растительных остатков различают следующие разновидности торфа: *моховой, сфагновый, осоковый, травянистый, деревянистый*. По структуре и текстуре различают разновидности торфа: *бумажный* – тонкослоистый, легко расслаивающийся; *волокнистый* – сохранивший слабо разложенные волокнистые растительные остатки в однородной массе, представленной смоляным торфом; *смоляной* – однородный землистый, тяжелый, черного цвета, с восковым или смолистым блеском в изломе, почти лишенный ясно различимых растительных остатков; *сланцеватый* – с четко выраженной сланцеватостью; *грязевой* – влагоемкая кашеобразная разновидность. По условиям образования различают *болотный* торф (с содержанием воды до 90%), *лесной* – рассыпчатый сухой материал, состоя-

щий в основном из гуминовых кислот, и *луговой* (по составу – травянистый) торф, образовавшийся из осок на затопляемых пойменных лугах.

**Условия образования и нахождения.** Образует линзы, линзовидные залежи, нередко непосредственно под почвенным слоем. Происхождение биогенное. Продукт бактериального разложения растительных остатков в болотах, образующийся из отмерших растений под слоем воды (без доступа воздуха) при активной биохимической деятельности микроорганизмов. Наиболее благоприятная обстановка для образования мощных накоплений торфа создается в условиях умеренного климата, в районах с избыточным увлажнением. Торф – единственный вид природного минерального топлива, запасы которого непрерывно возобновляются. Также торф – исходный продукт для образования путем метаморфизма (углефикации) бурых и каменных углей гумусового типа. Запасы торфа в СНГ превышают 60% мировых запасов (более 200 тыс. месторождений). В России основные запасы торфа сосредоточены в Западной Сибири. Другие районы распространения торфа – Беларусь, Украина.

**Диагностика.** Обилие остатков растений и гумусовых веществ; малая прочность; преимущественно волокнистое строение; горючие свойства; условия нахождения (болота, торфяники).

**Практическое значение.** Распространенный вид топлива местного значения, потребляемый в форме кускового либо брикетированного торфа; сырье для получения горючего газа, аммиака, уксусной кислоты, дегтя и некоторых других химических продуктов; удобрение в сельском хозяйстве; грязелечебное средство и др.

### **ГРУППА ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ**

#### **ПОДГРУППА ГУМУСОВЫХ УГЛЕЙ, ИЛИ ГУМИТОВ**

Подавляющая масса каменных и бурых углей, используемых в промышленности, представлена гумусовыми углями, которые поэтому называют также *обычными углями*. Гумусовые угли состоят в основном из переработанных частей высших растений, т.е. из продуктов разложения лигнина, целлюлозы и отчасти растительного белка. Среди гумусовых углей выделяется несколько типов, различающихся по степени изменения растительных остатков или, как принято говорить, по степени углефикации. По мере увеличения последней в углях растет содержание углерода с одновременным уменьшением, содержания кислорода, водорода, летучих составных частей (легких углеводородов, воды и т.д.). Ряд метаморфизма гумусовых углей, в котором степень углефикации растет слева направо, выглядит так: *торф – бурые угли – каменные угли – антрациты*.

#### **БУРЫЙ УГОЛЬ**

**Характерные признаки.** Структура аморфная. Отличается хорошей сохранностью фрагментов растений, обычно очень мелких, различимых

лишь под микроскопом, но иногда и невооруженным глазом. Текстура однородная либо слоистая, полосчатая. Состоит главным образом из гуминовых кислот с примесью углеводов и высокомолекулярных углеродистых веществ. Содержание углерода – 67–75%, водорода – около 5%, суммы кислорода и азота – от 17 до 30%. Естественная влажность – 10–25% (иногда до 40% и более). Цвет коричневый, от светлого (рыхлые разности) до весьма темного оттенка, также черный (плотные разности). Черта светло-бурая до буровато-черной. Блеск тусклый, полуматовый. Бурый уголь рыхлый землистый, кусковатый (слабо связанный) либо плотный, прочно связанный. Твердость низкая или средняя; излом землистый, редко полупластовый. Уд. вес 1,1–1,2. Горит. Теплотворная способность 5–6 тыс. ккал/кг на горючую массу. Разновидность *лигнит* – бурый уголь с четко выраженным древесным строением. Обычно состоит из остатков хвойных пород деревьев, причем размер этих фрагментов может варьировать от небольших частиц до целых стволов.

**Условия образования и нахождения.** Залегают слоями, пластообразными залежами, линзами. Происхождение биогенное. В ряду ископаемых углей бурый уголь представляет сравнительно низкую степень метаморфизма растительных остатков, следующую за образованием торфа. Бурый уголь занимает переходное положение между торфом и каменным углем. Черные плотные разности бурого угля близки по составу и свойствам к каменному, но еще сохраняют бурый оттенок черты и окрашивают раствор горячей щелочи и азотной кислоты, т.е. в отличие от каменного угля содержат гуминовые кислоты. Лигнит образуется при подводном разложении древесины. В ходе дальнейшей углефикации бурые угли превращаются в каменные угли. На долю бурых углей приходится около 35% суммарных запасов ископаемых углей в СНГ. Главные буроугольные бассейны: Ленский, Канско-Ачинский, Тунгусский, Кузнецкий, Тургайский, Таймырский, Подмосковный, Донецкий и др.

**Диагностика.** Отличается от каменных углей бурым цветом самого угля и особенно его черты, а также бурым окрашиванием кипящего раствора едкой щелочи и интенсивно-желтым до красно-бурого (чайного) окрашиванием нагретого разбавленного раствора  $\text{HNO}_3$ .

**Практическое значение.** Энергетическое топливо местного значения и ценное химическое сырье. При переработке бурых углей методом сухой перегонки получают полукокс, до 20% первичных смол (дегтя), горючий газ. Из буроугольной смолы вырабатывают горный воск.

#### **КАМЕННЫЙ УГОЛЬ**

**Характерные признаки.** Структура аморфная. Текстура полосчатая, слоистая, часто тонкослоистая, обусловленная многократным чередованием блестящих и матовых разновидностей. Иногда однородная. Состав –

сложное сочетание аморфной массы с т.н. форменными элементами углей (спорами, пылью, фрагментами растительных тканей) в любых пропорциях – от доминирующей роли гелифицированной массы до заметного преобладания форменных элементов. В отличие от бурого угля не содержит гуминовых кислот, которые в каменном угле преобразуются в карбоиды – сильно уплотненные высокомолекулярные неуглеводородные соединения углерода. Цвет черный, иногда с серовато-стальным оттенком либо темно-серый. Черта черная. Блеск матовый, шелковистый, смолистый (для углей более низкой степени углефикации) до стеклянного (для средней степени углефикации) и металлического (при высокой степени углефикации). Плотный, прочно связанный. Нередко хрупок, легко раскалывается по многочисленным трещинам отдельности на толстые плитки или прямоугольные бруски. Уд. вес 1,2. Теплота сгорания более 5700 ккал/кг на влажную беззольную массу.

Разновидности выделяются по степени углефикации. Такое подразделение часто совпадает с технической классификацией углей, согласно которой каменные угли делятся на ряд марок. *Газовыми* и *жирными* называются угли, содержащие значительные количества летучих веществ; *тощие* обеднены летучими веществами и углеводородными соединениями (битумами), но они более высокоуглеродистые. Максимальная теплота сгорания – у *коксовых* углей. Коксовые и близкие к ним угли обладают способностью к спеканию и дают ценный продукт – металлургический кокс. *Антрацит* состоит из органического вещества высшей степени углефикации, в котором тонко рассеяны графитовые частицы. По внешнему облику отличается от других каменных углей. Цвет черный со стально-серым, желтоватым или красноватым оттенками. Блеск сильный металлический (золотистый), иногда с пестрой побегалостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный. Твердость средняя, максимальная – среди ископаемых углей. Уд. вес 1,5–1,7. Загорается с трудом, горит слабым бездымным пламенем вследствие малого выхода летучих веществ. Обладает хорошей электропроводностью.

**Условия образования и нахождения.** Залегание – см. бурый уголь. Каменные угли образуются из бурых в результате дальнейшего преобразования (метаморфизма) растительных остатков. Дальнейшее изменение (карбонизация) углей ведет к образованию графита и представляет уже процесс метаморфизма в обычном (геологическом) понимании этого термина. Россия располагает более чем 35% общемировых запасов ископаемого угля (причем большая их часть сосредоточена в Сибири). Примерно 60% запасов угля в РФ составляют каменные угли, остальные – бурые. Богаты углем также Украина и Казахстан. Главнейшие каменноугольные бас-

сейны СНГ: Тунгусский, Ленский, Кузнецкий, Таймырский, Печорский, Донецкий, Иркутский, Карагандинский, Южно-Якутский, Минусинский.

**Диагностика.** По сравнению с бурым углем более крепкий, твердый и тяжелый. Характерны черный цвет угля и особенно черты, для антрацита – сильный блеск. Раствор едкой щелочи или  $\text{HNO}_3$  каменными углями не окрашивается из-за отсутствия гуминовых кислот.

**Практическое значение.** По технологическому применению каменные угли делятся на химические, энергетические и металлургические. К химическим относятся преимущественно блестящие угли низкой степени углефикации с высоким выходом летучих веществ. Эти угли идут на полукоксование. Энергетическими является большинство углей различной, преимущественно высокой, степени углефикации. Они используются для топок стационарных паровых котлов. Наиболее ценные металлургические угли включают коксовые и близкие к ним марки. Угли почти всех марок применяются для газификации. Из некоторых видов антрацитов путем обжига без доступа воздуха получают термоантрацит, применяемый в доменной плавке. Кроме того, антрацит используется в электродной промышленности.

## **ГРУППА НЕФТЕЙ**

### **НЕФТЬ**

**Характерные признаки.** Имеет консистенцию маслянистой жидкости. Представляет собой смесь различных углеводородов с небольшим содержанием азотистых, сернистых соединений и минеральных примесей. Компонентный состав: масел – 65–100%, смол – 0–30%, асфальтенов–0–5%, карбоиды отсутствуют; углерода – 84–86%, водорода – 12,5–14,5%, суммы кислорода, азота и серы – 0,5–4%. Нефти, содержащие несколько процентов серы, называются высокосернистыми. Выход беззольного кокса колеблется от 0 (легкие нефти) до 5% (тяжелые нефти). Содержание твердых углеводородов (парафинового и церезинового рядов) варьирует от долей процента до 10% (редко выше). Цвет от черного до красновато- и зеленовато-черного, реже буро-красный до светло-оранжевого. Флюоресцирует при солнечном свете.

Уд. вес 0,79–0,93. По удельному весу различают *легкие* (уд. вес меньше 0,85), *средние* (уд. вес 0,85–0,90) и *тяжелые* (уд. вес выше 0,9) нефти. С повышением удельного веса, т.е. с увеличением содержания смолистых веществ, возрастает вязкость нефти. Характерен своеобразный керосиновый запах (запах нефти). Температура кипения большинства нефтей 74–170°C (тем выше, чем больше их удельный вес: у наиболее тяжелых классов – до 200°C). Точка замерзания тем ниже, чем меньше содержание парафина (до 20°C). Парафиновые нефти застывают при температуре 10–20°C. Нефть воспламеняется при температурах от 16–17 до 100°C и более.

Нерастворима в воде. Пленки нефти на поверхности воды образуют радужные пятна; это один из важных поисковых признаков. Почти полностью растворяется в любых органических растворителях: в легком бензине, бензоле, хлороформе и др. Электричества не проводит.

По составу различают следующие разновидности (классы) нефтей: *метановая, метаново-нафтенная, нафтенная, метаново-нафтенно-ароматическая, нафтенно-ароматическая*, чисто ароматических нефтей в природе пока не встречено. Метановые и нафтенные нефти считаются легкими; нефти, содержащие ароматические углеводороды, – тяжелыми. При содержании 62% и более твердых углеводородов нефти называются парафиновыми.

**Условия образования и нахождения.** Залегают обычно в сводовых частях куполообразных складок, куда нефть вытесняется более тяжелыми нефтяными водами. Пропитывает пористые и трещиноватые осадочные горные породы (песчаники, некоторые известняки), называемые коллекторами нефти. Выше коллекторных пластов залегают пласты непроницаемых пород (глинистых), препятствующих дальнейшему подъему нефти и способствующих ее накоплению в коллекторах.

Нефть – органогенная горная порода. Исходным материалом для образования нефтей является гнилостный ил, или сапропель, накапливающийся на дне застойных водоемов: озер, морских заливов, лагун, иногда также в прибрежных участках дна открытых морских бассейнов в результате гибели различных низших растений и животных, преимущественно планктонных микроорганизмов, населяющих воды морей и океанов. Опускание осадочных пород, вмещающих органические остатки, на большие глубины, воздействие господствующих на этих глубинах высоких температур и давлений и каталитическая роль самих вмещающих пород, ускоряющая реакции распада и химической переработки органических веществ, – таковы основные условия развития процесса формирования нефти, носящего название *термокатализ*. При окислении на поверхности нефть переходит в керы и асфальты.

На нефть и природный газ перспективно около 35% территории России. Нефтяные богатства РФ особенно возросли в результате открытия громадных нефтеносных площадей в восточных районах страны – в Сибири (Тюменская, Томская и Иркутская области), а также в Калмыкии. Добыча ведется также в Урало-Волжском нефтегазовом районе (Татарстан и Башкортостан, Волгоградская область). Среди прочих районов СНГ отметим Азербайджан, Туркменистан, Украину и Беларусь.

**Диагностика.** Поисковыми признаками на нефть могут служить выходы закированных пород, асфальтов и прочих твердых битумов, а также маслянистые нефтяные пятна на водной поверхности озер, болот, у берегов

рек и т.д., источники соленых нефтяных вод и природного газа. Последние легко обнаружить тогда, когда они расположены под водой и газы в виде пузырьков поднимаются сквозь слой воды на поверхность. Ассоциация с природным газом и солеными напорными (находящимися под давлением) водами чрезвычайно характерна для залежей нефти.

**Практическое значение.** Важнейшее энергетическое топливо современной индустрии и основной вид сырья многих отраслей химической промышленности, производящих полимерные и синтетические материалы. Из нефти получают различные виды моторного и энергетического топлива (бензин, лигроин, керосин, дизельное топливо), всевозможные смазочные масла (около 100 видов), парафин, глицерин, этиловый спирт и другие растворители, сырье для изготовления различных синтетических материалов (волокон, пленок, пластмасс, каучука), многочисленные фармацевтические препараты, взрывчатые вещества, различные химические продукты и т.д.

### **ГРУППА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ**

*Природными газами* называются газы, заключенные в недрах земли и выходящие на поверхность. Природный газ нельзя называть горной породой; но, как и настоящие горные породы и минералы, он тесно связан в своем образовании и залегании с земной корой; исключительно важное хозяйственное значение природного газа тем более вызывает необходимость дать в данном пособии его характеристику. Природный газ – это смесь газообразных углеводородов, азота, углекислоты, инертных газов, сероводорода, кислорода. Природные газы по составу делятся на *углеводородные, азотные и углекислые*. Наибольшее практическое значение имеют углеводородные (горючие) газы, которые описываются ниже.

#### **ГОРЮЧИЙ ГАЗ**

**Характерные признаки.** Консистенция газообразная. Состав: смесь газообразных углеводородов – легких (метан, этан, пропан, бутан, этилен) и тяжелых (пентан, гексан, гептан и др.) – с добавкой азота, углекислого газа, инертных газов, сероводорода и др. Углеводородные газы лишены вкуса и цвета; они невидимы, неосязаемы и часто не имеют запаха. Уд. вес газообразных углеводородов от 0,000715 (метан) до 0,0317. Теплота сгорания природного горючего газа порядка 11 тыс. ккал/м<sup>3</sup>.

**Условия образования и нахождения.** Встречается в виде различных растворов (растворенные газы) и в свободном состоянии. По геологическим условиям нахождения углеводородные газы аналогичны нефти (скопления в пористых горных породах и в подземных полостях: кавернах, пещерах). В нефтеносных районах происходит концентрация газообразных углеводородов в воздухе, насыщающем подпочвенный слой грунта до 0,0001–0,01% против 0,00001% и ниже в районах, не имеющих нефти.



Большинство углеводородных газов в толщах осадочных пород образовалось подобно нефти путем термokatалитической переработки захороненных органических остатков в глубинах земли. Значительная часть газов имеет биохимическое происхождение, т.е. образовалась в верхних слоях земной коры в результате бактериальной переработки органических веществ в анаэробных условиях; азот частично имеет атмосферное происхождение, частично также образуется биогенным способом. Российская Федерация занимает первое место в мире по ресурсам природного горючего газа. Общие потенциальные ресурсы горючего газа в РФ приближаются к 35% мировых запасов. Крупнейшие месторождения природного газа находятся в Республике Коми, в северной части Западно-Сибирской низменности, а также на полуострове Таймыр. Из разрабатываемых в СНГ месторождений крупнейшие находятся в Туркменистане и на Украине.

**Диагностика.** При поисках газа, как и нефти, применяется газовая съемка. Подводные выходы газа легко обнаруживаются по его пузырькам на поверхности водоема. Заметить выходы горючего газа непосредственно в воздухе довольно трудно. Лучший диагностический признак – мгновенная воспламеняемость.

**Практическое значение.** Очень велико. Как топливо газ гораздо калорийнее дров и в 10 раз дешевле. Его добыча и транспортировка по газопроводам очень проста и экономична. Как энергетическое топливо газ завоевывает все большее применение в промышленности, на электростанциях и в быту. Природный газ (включая газы, получаемые при переработке нефти) не менее, если не более, ценное химическое сырье, чем нефть. Его химическая переработка с целью получения искусственного волокна, пластмасс, синтетического каучука и др. особенно эффективна и дешева.

### ***2.2.3 Вулканоогенно-обломочные горные породы***

Главные особенности горных пород этого отдела – их обломочный характер и присутствие продуктов вулканических извержений в составе, как обломков, так и цемента. Одновременно такие породы могут содержать материал осадочного происхождения в изменчивых соотношениях с вулканогенным материалом. В связи с этим одни представители отдела более близки к чисто вулканическим изверженным породам, обладают присущими им особенностями структуры, текстуры и тесно с ними ассоциируют; другие связаны непрерывными переходами с типично осадочными горными породами, обладают ярко выраженной слоистостью, сортированностью и прочими свойствами осадочных пород. Породы, сложенные почти целиком обломочным вулканогенным материалом, называются *тиро-*

*кластическими*; породы смешанного вулканогенно-осадочного состава и происхождения носят название *туфогенных* пород, или *туффитов*.

## **ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

### ***ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ТУФ***

**Характерные признаки.** Структура обломочная. Текстура неоднородная, грубослоистая. Порода состоит из несортированных обломков вулканических пород и минералов, стекла или пемзы и цементирующего их агрегата частиц вулканического пепла или песка. Размер обломков меняется в широких пределах. Собственно вулканические туфы – мелко- и тонкообломочные породы, состоящие из сцементированных частиц вулканического песка (0,1–2 мм) и пепла (менее 0,1 мм). Форма обломков в грубообломочных туфах может быть округлой (*вулканические бомбы*), остроугольной или фигурной (следствие выброса в пластическом состоянии). Туфы с остроугольными обломками называют *щебенчатыми*. Более 90% объема породы составляет пирокластический материал, по составу соответствующий эффузивным породам. Цвет розовый, красный, лиловый, серо-зеленый и др., соответствует окраске эффузивных горных пород того же состава. Порода прочная, каменистая, нередко пористая. Твердая или средней твердости. По преобладающему размеру обломков среди туфов выделяются разновидности: *глыбовые агломератовые туфы* (крупнее 20 см), *собственно агломератовые* (5–20 см), *лапиллиевые* (1–5 см), *гравийные* (0,2–1 см), *мелкообломочные*, *пепловые туфы* и др. По составу различают *липаритовые*, *трахитовые*, *базальтовые* и другие туфы.

**Условия образования и нахождения.** Залегают слои, линзами, часто перемежающимися с потоками и покровами эффузивных пород. Грубообломочные разновидности преобладают в зонах, относительно близких к центру извержения; мелко- и тонкообломочные – порой на значительном удалении от него. Образуется вследствие выброса обломков застывшей или частиц полузастывшей лавы при взрывных извержениях вулканов. Рыхлый обломочный материал на месте отложения подвергается уплотнению и цементации в результате разложения частиц пепла под воздействием горячих растворов вулканического происхождения либо путем спекания и сваривания обломков. Туфы чаще сопровождают излияния вязких кислых и средних лав, чем жидких – основных. Частичный перенос и переотложение обломочного материала временными водными или грязевыми потоками – возможный дополнительный механизм образования многих вулканических туфов. Подобно палеотипным эффузивным породам изменения в туфах выражаются в развитии обильных вторичных минералов: хлорита, серицита, эпидота, глинистых минералов, карбоната и др. – в зависимости от состава исходных пород. Распространение подобно эффузивным породам соответствующего состава.

**Диагностика.** Грубая и плохо проявленная слоистость, отсутствие сортировки обломков по размерам. От 90 до 100% объема породы слагает пирокластический материал. Характерна ассоциация с эффузивными породами.

**Практическое значение.** Некоторые туфы и лавобрекчии липаритов, характеризующиеся большой пористостью и высоким содержанием легко-растворимого аморфного кремнезема, могут служить в размолотом виде естественными гидравлическими добавками при изготовлении цемента, устойчивого к действию морской воды.

### **ТУФОГЕННЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ТУФФИТЫ**

Ввиду трудности индивидуальной диагностики туфогенных пород и туффитов в пособии дается их суммарное описание.

**Характерные признаки.** Структура соответствует структуре обломочных осадочных горных пород (от тонко- до грубообломочных). В крупно- и грубообломочных разновидностях легко различаются обломки и цемент. Характерна четкая сортировка обломочного материала по крупности. Текстура слоистая, нередко тонкослоистая. Состав – смесь обломков вулканических пород и их минералов, вулканического стекла и материала нормально осадочных пород: частиц кварца, полевого шпата, известняка, гранита, а также цементирующего их кремнистого, глинистого и особенно известкового вещества. Нередко встречаются органические остатки. Доля пирокластического и осадочного материала может варьировать в пределах от 10 до 90% объема породы. При содержании пирокластического материала от 50 до 90% порода именуется *туффитом*; при аналогичном содержании осадочного материала – *туфогенной породой*. Цвет разнообразен, нередко окраска пестрая с перемежающимися буроватыми, зеленоватыми, красноватыми оттенками. Породы каменистые или слабо связанные. Туфогенные породы с скатанными обломками делятся на *туфоконгломераты* (наиболее грубообломочные из которых называются *валунными*), *туфогравелиты*, *туфопесчаники*, *туфоалевролиты* и *туфоаргиллиты*. Если обломки не окатаны, то породы называются *туфобрекчиями*.

**Условия образования и нахождения.** Залегают слоями. По происхождению, как и по составу, породы занимают промежуточное положение между собственно пирокластическими и собственно осадочными образованиями. Изменяются подобно туфам. Широко распространены. Главные области развития: Северный Кавказ, Урал, многие районы Казахстана, Алтай и др.

**Диагностика.** Четкая слоистость и сортировка обломочных зерен по размерам в отдельных прослоях; смешанный (пирокласто-осадочный) состав обломков и цемента.

**Практическое значение.** Не имеют.

## 2.2.4 *Метаморфические горные породы*

*Метаморфизм* происходит на различных глубинах в земной коре в интервале температур от 100 до 900° под давлением от 100 до 10 тыс. атм., которое создается весом вышележащих толщ горных пород. В процессах метаморфизма принимают участие водные растворы, содержащие углекислоту, щелочные металлы и другие, летучие и хорошо растворимые минеральные вещества. В областях *регионального метаморфизма* в полной мере проявляется роль, как температуры, так и давления. В ореолах *контактового метаморфизма* особенно ярко выражена роль теплового воздействия интрузивных тел. В зонах *дислокационного метаморфизма* (*динамометаморфизма*), наоборот, подчеркнута действие давления.

Повышение температуры и давления способствует образованию минералов, содержащих меньше воды, относительно более тугоплавких и плотных (тяжелых). Такой метаморфизм называется *прогрессивным*. Изменения в метаморфических толщах, имеющие обратное направление, менее широко распространены в природе. Они именуются *регрессивным метаморфизмом*, или *диафорезом*. Основные отличительные особенности *метаморфических горных пород* следующие: присутствие специфических минералов, свойственных только метаморфическим породам (кордиерит, андалузит, дистен, пироксены, амфиболы и др.); ярко выраженная, за отдельными исключениями, параллельная текстура (кристаллизационная сланцеватость) и своеобразные – так называемые кристаллобластовые – структуры, возникающие при процессах перекристаллизации.

Характерной особенностью *метасоматических горных пород* является закономерное сокращение числа породообразующих минералов в процессе формирования породы; отсюда широкое распространение среди метасоматитов пород, состоящих либо преимущественно из одного минерала, либо из двух, в отличие от обычно многоминеральных метаморфических и изверженных пород. Свойственные метасоматитам полнокристаллическая структура и неоднородная текстура (полосчатая, сетчатая, участковая и т.п.) – признак, отличающий многие из них от пород иного происхождения. Систематика метасоматитов весьма сложна и еще не вполне разработана. Наиболее обычным является деление метасоматитов на две подгруппы: *контактово-метасоматические породы* и *продукты гидротермального изменения пород*.

### **ПОРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА**

#### ***КВАРЦИТ***

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, обычно мелкозернистая до афанитовой. Текстура слоистая, иногда косо-

слоистая. Порода в основном состоит из кварца; возможные минералы-примеси: мусковит, биотит или хлорит, роговая обманка, гематит или магнетит, графит, мелкие кристаллы граната, иногда полевой шпат и др. Присутствие этих минералов в заметном количестве определяет видовую характеристику кварцитов. Цвет светло-серый и серый. Яркую темно-малиновую, красновато-коричневую, розоватую окраску придает примесь гематита. Порода очень крепкая: временное сопротивление сжатию 1000–1400 кг/см<sup>2</sup> и более. Твердость высокая: на свежей поверхности слабую царапину может оставить кварц или еще более твердый минерал. Излом раковистый или занозистый. Кварциты, бедные минералами-примесями, высокоогнеупорны. Температура их плавления 1750–1760°С. Наиболее распространены *слюдистые, полевошпатовые, графитовые и роговообманковые* разновидности кварцита.

**Условия образования и нахождения.** Залегают в виде слоев различной, иногда значительной мощности, чередуясь с кристаллическими сланцами и гнейсами преимущественно альмандин-амфиболитовой фации. Является продуктом регионального метаморфизма существенно кремнистых или песчаных пород. Промежуточные ступени этого процесса зафиксированы в так называемых кварцито-песчаниках – породах, совмещающих в себе признаки и свойства кварцита и песчаника. При выветривании кварцита в первую очередь разрушаются минералы-примеси, а затем и основная масса породы, давая начало скоплениям высокосортных кварцевых песков. Распространен в Карелии, Восточной Сибири, на Украине и Урале.

**Диагностика.** От песчаника отличается более высокой твердостью, отсутствием структуры обломочных пород (различить песчинки и цемент невозможно) и характером излома. Порода раскалывается как одно целое, тогда как в песчаниках раскол происходит по границам зерен кварца.

**Практическое значение.** Свободные от примесей кварциты используются подобно кварцевым песчаникам для изготовления динаса и в качестве флюса в цветной металлургии; в химической промышленности они применяются как кислотоупорный материал, в строительстве – как материал для изготовления облицовочных плит, брусков, бутового камня, щебня.

### **МРАМОР**

**Характерные признаки.** Структура кристаллически-зернистая, гранобластовая, иногда порфиробластовая. Размер тесно сросшихся минеральных зерен – от долей миллиметра до 1 см, реже до 3–5 см. Текстура массивная, полосчатая, брекчиевидная, либо более сложная, пятнистая. Порода состоит главным образом из кальцита и (или) доломита. Их количественные соотношения определяют видовую принадлежность мрамора (*кальцитовый мрамор, доломитовый мрамор*). Минералы-примеси: магнетит, кварц, графит, битуминозные вещества, слюды, хлорит, тремолит, ди-

опсид, роговая обманка и др. Цвет белый, серый до темно-серого, зеленоватый, розоватый, красный, желтый и др. Широко распространены породы, обладающие пестрой, пятнистой окраской в связи с разнообразием структуры, изменчивым содержанием примесей и обилием жилок кальцита. Блеск стеклянный, искристый или матовый. Твердость средняя. Кальцитовый мрамор бурно растворяется в HCl (вскипает).

**Условия образования и нахождения.** Залегают в виде слоев, как правило, деформированных в сложные складки. Продукт регионального или контактового метаморфизма карбонатных осадочных пород (известняков, доломитовых известняков и доломитов). При выветривании изменяется подобно известняку. Встречается совместно с амфиболитами, гнейсами и кристаллическими сланцами. Месторождения белого мрамора известны на Урале. Цветные мраморы распространены также на Урале, в Грузии, Карелии, Узбекистане, Хакасии, на Дальнем Востоке и др.

**Диагностика.** Отличия от известняков: кристаллически-зернистое строение, отсутствие остатков фауны, ассоциация минералов-примесей, свойственных метаморфическим породам. Вскипает под влиянием HCl.

**Практическое значение.** Один из лучших облицовочных и декоративных материалов, прекрасно полирующийся. Используется для изготовления плит, ступеней, памятников. Из чистых разновидностей мрамора выпиливаются электроизоляционные доски и щитки. Сырье для производства угольной кислоты и извести. Редко встречающийся белый или равномерно и бледно окрашенный желтоватый и розоватый мрамор ценится как скульптурный камень.

### **ГНЕЙС**

**Характерные признаки.** Структура полнокристаллическая, мелко-, средне- или грубозернистая или чешуйчато-зернистая. Текстура сланцевая, параллельно-полосчатая. Состоит из полевого шпата (преимущественно плагиоклаза) и кварца, содержания которых варьируют в широких пределах. Второстепенные (5–20%) минералы гнейсов – биотит, роговая обманка, пироксен, гранат, дистен, графит и др. Они могут присутствовать раздельно или в сочетаниях и играют роль видового признака гнейса. Породы твердые, приближающиеся по этому признаку к гранитам, но менее крепкие из-за плитчатой отдельности и сланцеватости. Цвет серый от светлого до темного или светло-розовый. Ржаво-бурый оттенок появляется при разложении темноцветных минералов и развитии гидроокислов железа.

По набору темноцветных минералов среди *парагнейсов* различают *биотитовые* гнейсы, *гранато-биотитовые*, *амфиболовые* (роговообманковые) или *амфиболо-биотитовые* гнейсы и *известково-силикатные* кристаллические породы. В последних главными минералами являются плагиоклаз, роговая обманка, диопсид, нередко кальцит, обычно присутству-

ют также красный гранат и кварц. В связи с различным содержанием породообразующих минералов среди гнейсов существуют разновидности, переходные к кристаллическим сланцам (отсутствуют кварц или полевой шпат), к кристаллическим известнякам (преобладающий минерал – кальцит) или к кварцитам (кварцевые породы с гранатом и роговой обманкой).

Среди *ортогнейсов* выделяются гранитогнейсы и очковые гнейсы. *Гранитогнейс* – порода массивной текстуры (неполосчатая или слабополосчатая). По составу близок к гранитоидам. При равномерном распределении минералов доля темноцветных минералов составляет обычно не более 10%. Наряду с плагиоклазом значительную роль играет микроклин, а набор темноцветных минералов чаще всего исчерпывается биотитом или роговой обманкой и пироксеном. *Очковый гнейс* – разновидность гранитогнейсов, в которой полевой шпат кроме мелких зерен в основной массе породы образует относительно крупные (1–2 см) порфиробласты линзовидной или овальной, реже правильной формы, облекаемые мелкокристаллическим агрегатом минералов основной массы.

**Условия образования и нахождения.** Парагнейсы залегают в виде слоев и характеризуются послойным изменением состава. Характерна ассоциация парагнейсов с кристаллическими сланцами, мигматитами и др. Ортогнейсы образуют линзы, мощные пластообразные залежи, пересекающие слои вмещающих парагнейсов. Тесно ассоциируют с типичными гранитами и обнаруживают непрерывные переходы к ним, выражающиеся в постепенном исчезновении параллельной ориентировки темноцветных минералов. Образуются в результате регионального метаморфизма песчано-глинистых и карбонатно-глинистых осадочных пород (*парагнейсы*) или кислых и средних изверженных пород (*ортогнейсы*) в условиях, отвечающих альмандин-амфиболитовой и гранулитовой фациям метаморфизма. Образование гранитогнейсов связано с процессами гранитизации.

Изменения гнейсов, а также и кристаллических сланцев под воздействием глубинных относительно более низкотемпературных послемагматических растворов и эманаций (регрессивный метаморфизм, диафторез) выражаются в замещении пироксена, амфибола, граната биотитом и хлоритом; биотита, дистена и др. – мусковитом. Мусковитизация ведет к образованию разновидностей гнейсов, называемых *двуслюдяными*. В условиях выветривания гнейсы, так же как и кристаллические сланцы, разрушаются аналогично гранитоидам. Распространен, главным образом, в областях, где на поверхности обнажаются породы глубинных зон земной коры: на Кольском полуострове, в Карелии, Украине, Восточной Сибири и др.

**Диагностика.** От кристаллических сланцев отличается по минеральному составу: в гнейсах обязательно присутствие полевого шпата и несколько меньшее, чем в сланцах, содержание слюды.

**Практическое значение.** Материал для изготовления тротуарных плит, бутового камня и щебня. В некоторых случаях с гнейсами (биотитовыми, гранато-биотитовыми и др.) связаны месторождения графита, который встречается в виде мелкочешуйчатой вкрапленности; его содержание колеблется от 1 до 15%, в среднем порядка 6%.

## **МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ**

### **ГРУППА КОНТАКТОВО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПОРОД**

#### **ИЗВЕСТКОВЫЙ СКАРН**

**Характерные признаки.** Структура полнокристаллическая, от крупно- и гигантозернистой до мелкозернистой, часто афанитовая. Текстура массивная, однородная либо полосчатая. Главные минералы – пироксены диопсид-геденбергитового ряда и гранаты гроссуляр-андрадитового ряда. Типичны также везувиан, родонит, волластонит, магнетит, иногда шеелит, молибденит, галенит, сфалерит, халькопирит, касситерит и др. Цвет преимущественно темный, бурый, зеленовато-бурый, темно-зеленый до почти черного, реже буровато-розовый. Нередко окраска пестрая, неоднородная. Порода твердая, прочная, тяжелая. Разновидности различают по главным породообразующим минералам: *пироксеновый, гранатовый, пироксено-гранатовый* скарн и т.п.

**Условия образования и нахождения.** Образуют залежи, линзы, тела неправильной формы, зоны преимущественно в непосредственном контакте гранитов и близких к ним интрузивных пород с карбонатными осадочными. Скарн – продукт реакционного взаимодействия контактирующих между собой карбонатных и алюмосиликатных пород при участии высокотемпературных послемагматических растворов в условиях прогрева пород внедрившейся гранитной магмой в зоне контакта. Скарнообразование непосредственно следует за кристаллизацией гранитов. Продуктами гидротермального изменения минералов скарнов являются эпидот, актинолит, тремолит, хлорит, кальцит, кварц, некоторые сульфиды. Известны в различных районах Урала, Тянь-Шаня, Памиро-Алая, Забайкалья, Приморья.

**Диагностика.** От известково-силикатных роговиков отличаются по условиям и форме залегания, также отсутствием слоистости. Скарны обычно сложены одним-двумя главными минералами, скарноиды – многоминеральны. Как правило, скарны – довольно крупнозернистые породы, скарноиды – чаще тонкозернисты. Отличие от *магнезиальных скарнов* – по минеральному составу.

**Практическое значение.** Известковые скарны нередко сопровождаются рудами железа, вольфрама, молибдена, свинца, цинка, меди, бора, олова, бериллия и др. Крупнейшие вольфрамовые (шеелитовые) и железорудные (магнетитовые) месторождения принадлежат к скарновому типу.



## **ГРУППА ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД**

### **ГРЕЙЗЕН**

**Характерные признаки.** Структура крупно-, средне-, мелко- или тонкозернистая. Текстура обычно неоднородная, полосчатая, реже массивная. Состоит из кварца, мусковита или литиевых слюд, часто также топаза, турмалина и флюорита; нередко присутствуют скопления ценных рудных минералов: касситерита, вольфрамита, молибденита, берилла и др. Обычные примеси в грейзенах – пирит, арсенопирит, сфалерит, магнетит, гематит и др. Цвет белый до серого, более темный при наличии скоплений касситерита, вольфрамита или сульфидов, а также темной слюды. Блеск стеклянный, перламутровый, матовый. Твердость от средней до высокой. Удельный вес изменчив до очень высокого. Разновидности грейзенов называют по главным минералам: *кварц-мусковитовые*, *кварц-топазовые*, *кварц-топаз-лепидолитовые* и т.д. *Цвиттером* называется разновидность грейзена, богатая топазом и темной слюдой.

**Условия образования и нахождения.** Формы залегания: оторочки возле высокотемпературных кварцевых и полевошпатовкварцевых жил с касситеритом, вольфрамитом и т.п. Встречаются также площадные грейзены в участках концентрации многочисленных кварцевых жил и прожилков в верхних и приконтактных зонах гранитных массивов и в примыкающих к ним песчано-глинистых породах. Грейзены – продукты метасоматического изменения кислых изверженных пород (гранитов и др.), а также сходных с ними по составу алюмосиликатных осадочных и метаморфических пород (различных сланцев и песчаников) высокотемпературными послемагматическими растворами. При развитии процессов грейзенизации по известнякам появляются специфические мусковитово-флюоритовые, практически бескварцевые породы, иногда содержащие бериллиевые минералы и одновременно являющиеся рудой на плавиковый шпат. При процессах выветривания слюдистые грейзены подвергаются каолинизации. Грейзены встречаются во многих районах – Казахстан, Забайкалье, Восточная Сибирь и др., но всюду имеют узлокальное развитие.

**Диагностика.** Определяются по особенностям минерального состава, т.е. отсутствию или низкому содержанию полевого шпата, богатству кварцем, мусковитом или лепидолитом и (или) топазом, флюоритом, турмалином, а также по условиям залегания.

**Практическое значение.** Грейзенизация сопровождает образование месторождений вольфрама, бериллия, молибдена (грейзены с мусковитом, отчасти топазом и большим количеством флюорита), олова, тантала (грейзены с литиевыми слюдами и топазом). Поэтому грейзены являются одним из ведущих поисковых признаков на редкометальные месторождения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин, А.Г. Курс минералогии / А.Г. Бетехтин. – М. : Государственное издательство геологической литературы, 1951. – 542 с.
2. Богдасаров, А.А. Геологический словарь / А.А. Богдасаров, М.А. Богдасаров. – Брест : Издательство С. Лаврова, 2002. – 320 с.
3. Богдасаров, М.А. Геология с основами палеонтологии. Программа, рабочие планы, лабораторные работы, вопросы к экзаменам: методические рекомендации / М.А. Богдасаров; Брестс. гос. ун-т. – Брест, 2004. – 46 с.
4. Богдасаров, М.А. Геология: курс лекций / М.А. Богдасаров. – Брест: БрГУ им. А.С. Пушкина, 2010. – 164 с.
5. Горная энциклопедия : в 5 т. / под ред. Е.А. Козловского. – М. : Советская энциклопедия, 1984–1990. – 5 т.
6. Карлович, И.А. Геологическое строение и полезные ископаемые Северной Евразии / И.А. Карлович. – М. : Академический проект, 2006. – 496 с.
7. Лазаренко, Е.К. Курс минералогии / Е.К. Лазаренко. – М. : Высшая школа, 1971. – 606 с.
8. Минералы и горные породы СССР / Т.Б. Здорик [и др.]. – М. : Мысль, 1970. – 439 с.
9. Обручев, В.А. Занимательная геология / В.А. Обручев. – М. : Наука, 1965. – 344 с.
10. Ферсман, А.Е. Занимательная минералогия / А.Е. Ферсман. – М. : АН СССР, 1959. – 238 с.