

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Е.С. Муравин

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Учебное пособие

Рекомендовано

*Научно-методическим советом университета
для студентов специальностей Экология и Биология*

Ярославль 2006

УДК 549
ББК Д 33я 73
М 91

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2006 года*

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор Б.В. Поярков;
заместитель председателя НТС ФГУП НПЦ "Недра" В.И. Горбачев;
кафедра физической географии ЯГПУ им. К.Д. Ушинского

Муравин, Е.С. Определитель минералов: учебное пособие
М 91 / Е.С. Муравин ; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль : ЯрГУ, 2006. –
108 с.

ISBN 5-8397-0492-X (978-5-8397-0492-3)

Данное пособие является дополнением к основному лекционному курсу по геологии и руководством для определения минералов на практических занятиях и во время прохождения полевой практики.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 013100 Экология и 011600 Биология (дисциплина "Геология", "Науки о Земле", блок ЕН), очного и заочного обучения.

УДК 549
ББК Д 33я 73

ISBN 5-8397-0492-X (978-5-8397-0492-3)

© Ярославский
государственный
университет
им. П.Г. Демидова, 2006
© Е.С. Муравин, 2006

*Светлой памяти
моих учителей и наставников
Олега Николаевича Бытева,
Владимира Алексеевича Новского,
Анатолия Николаевича Иванова
посвящается*

Введение

Лекционно-практические занятия и полевые практики по геологии опираются на знания вещественного состава земной коры – минералов и горных пород. По образному выражению академика Ф.Ю. Левинсона-Лессинга, они являются материальными геологическими памятниками истории земной коры. Читая геологические «летописи», мы открываем картины геологических процессов образования минералов и горных пород.

Прочсть по камням тайну минувших геологических событий помогает их правильное узнавание (определение). Многочисленные пособия и справочники содержат в себе яркие научные и художественные описания камней, но определение с их помощью минералов требует немало времени и усилий. В редко издаваемых специальных определителях и ключах неопытному человеку трудно правильно сориентироваться.

При составлении «Определителя минералов» использовался опыт работы по геологии со студентами естественно-географического факультета ЯГПУ и эколого-биологической специальности в ЯрГУ. За основу были взяты образцы породообразующих минералов, а также широко известные минералы драгоценных и поделочных камней, полиметаллических руд.

«Определитель минералов» построен по типу шведского скобочного ключа, хорошо знакомого биологам. Он состоит из схемы (ключа) для определения и описания 82 минералов, на порядковый номер которых (с 1 по 82) ссылается ключ. Определительная часть предваряется общими сведениями о минералах и гор-

ных породах, их классификации и распространении в земной коре, о происхождении. Специальная глава посвящена диагностическим признакам – формам и свойствам минералов. Дан также краткий определитель горных пород как агрегатов минералов.

Алфавитный указатель минералов с кратким объяснением названий помогает легко найти минерал в описательной части. Всего в указателе приводится 195 наименований минералов, среди которых свыше 100 разновидностей.

В заключение приводится список геологической литературы, на которую опирался автор при составлении «Определителя». Работа сопровождается иллюстрациями, заимствованными из различных изданий.

Автор искренне признателен и благодарен за помощь в работе по созданию Определителя независимому исследователю А.М. Огневу, коллегам, кандидатам г.-м.н. В.Н. Баранову, Д.Н. Киселеву, доктору г.-м.н., профессору Б.В. Пояркову.

Определитель опробован во время проведения занятий со студентами, которые проявили большую заинтересованность в его издании. Автор надеется, что пособие будет полезно не только студентам, но и школьникам, и всем любителям природы и камня.

Глава 1. Что такое минералы и как они образуются

Минералы – это обычно твердые, однородные природные вещества, которые образуются в результате сложных физико-химических процессов в недрах или на поверхности Земли и других планет.

Земная кора состоит из минералов или их агрегатов – горных пород. Все химические элементы таблицы Менделеева представлены этими геологическими образованиями. Они могут существовать в твердом, жидком и газообразном состоянии. В земных условиях большинство минералов твердые.

В настоящее время известно более 3700 минералов, а с их разновидностями – вдвое больше. Мир минералов литосферы хи-

мически систематизирован. В 1965 году Г. Штрунц разделил минералы по кристаллохимической основе на восемь классов. По данным других авторов [11, с. 296] выделяются 13 классов. В таблице 1 мы приводим соотношение минералов по основным классам в порядке убывания их процентного содержания в земной коре.

Таблица 1

Классификация минералов

№ п/п	Классы минералов	Примеры минералов, их количество в классе и доля к общему количеству минералов, %	Весовое содержание в земной коре, %
1	Силикаты	Полевые шпаты, пироксены, роговые обманки, гранаты, слюды, топаз (375 – 800; 25 – 37,4)	75 – 80 (до 800 минералов)
2	Окислы и гидроокислы	Магнетит, гематит, лимонит, кварц, пиролюзит, рутил, корунд, касситерит (187 – 200; 9,4 – 13)	17,0 (до 200 минералов)
3	Карбонаты	Кальцит, доломит, магнезит, малахит (67 – 80; 3,7 – 4,5)	2 (до 80 минералов)
4	Фосфаты	Апатит, фосфорит и другие (266 – 350; 16,4 – 17,7)	0,7 (350 минералов)
5	Галоиды	Каменная и калийная соли, флюорит (86 – 100; 4,7 – 5,7)	0,5 (до 100 минералов)
6	Сульфиды	Пирит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, молибденит, галенит, сфалерит, киноварь и другие (195 – 200; 9,4 – 13)	0,25 (200 минералов)
7	Самородные элементы	Алмаз, графит, золото, платина, сера, и другие (50 – 90; 3,3 – 4,2 %)	0,1 (до 90 минералов)
8	Сульфаты	Барит, ангидрит, гипс, алунит и др. (135 – 260; 9 – 12,2)	0,1 – 0,5 (до 260 минералов)
9	Органические соединения	Янтарь, жемчуг, нефть, битум, асфальт (70; 4,7)	Незначительно (70 минералов)

Примечание: Однако помимо приведенных в таблице выделяют также классы боратов, вольфраматов и молибденатов, хроматов, нитратов, содержание которых в земной коре незначительно.

Разнообразие минералов объясняется различными условиями их происхождения. Планета Земля образовалась из скопления метеоритного вещества, замерзших газов и воды; поначалу ее состав был довольно однороден. За четыре с лишним миллиарда лет первичное вещество нашей планеты подвергалось сильной дифференциации, что и привело к такому многообразию минералов. Внутреннее строение Земли дано на рис. 1 – 3 [33].

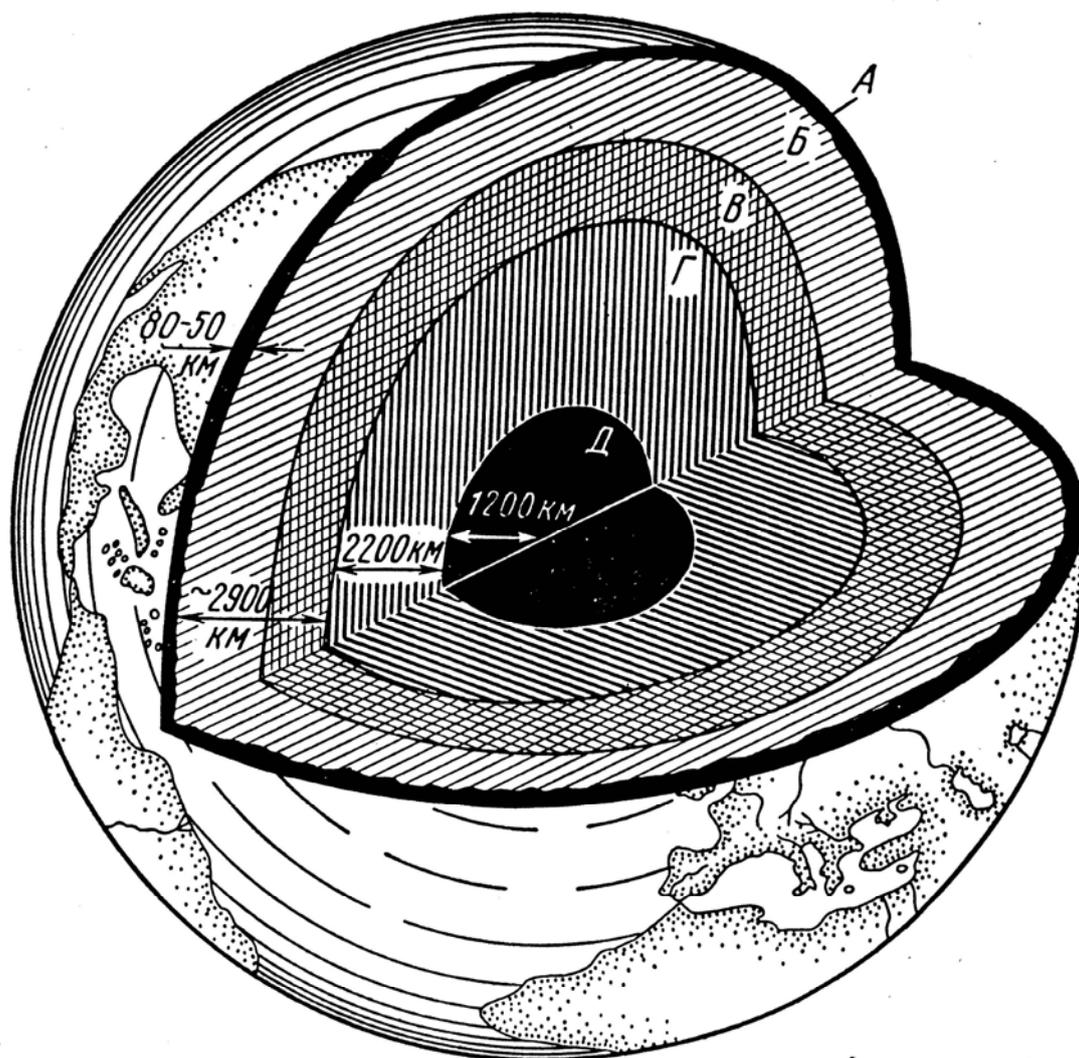


Рис. 1. Сейсмическая модель внутреннего строения Земли:
А – земная кора; Б – верхняя мантия; Б' – мантия;
Г – внешнее ядро; Д – внутреннее ядро

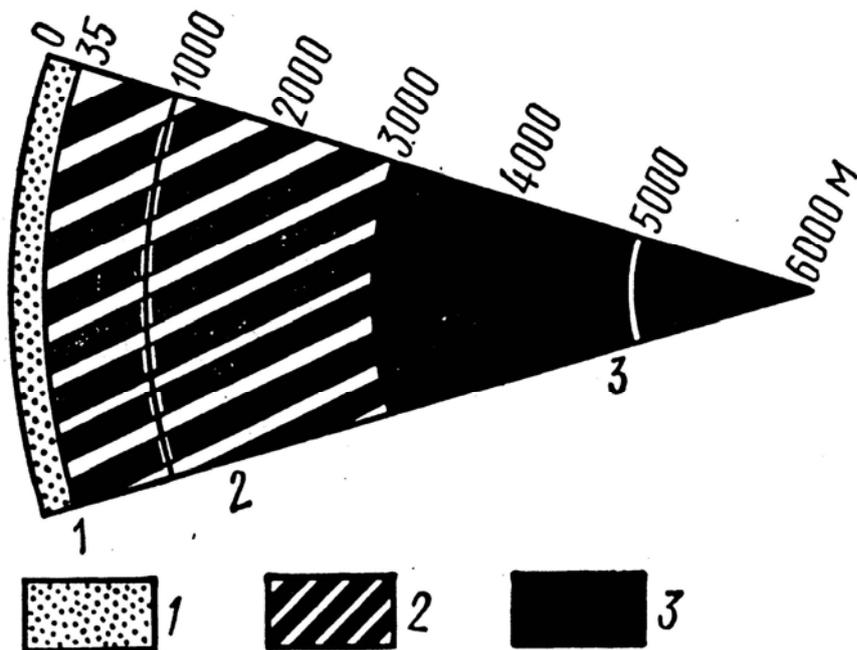
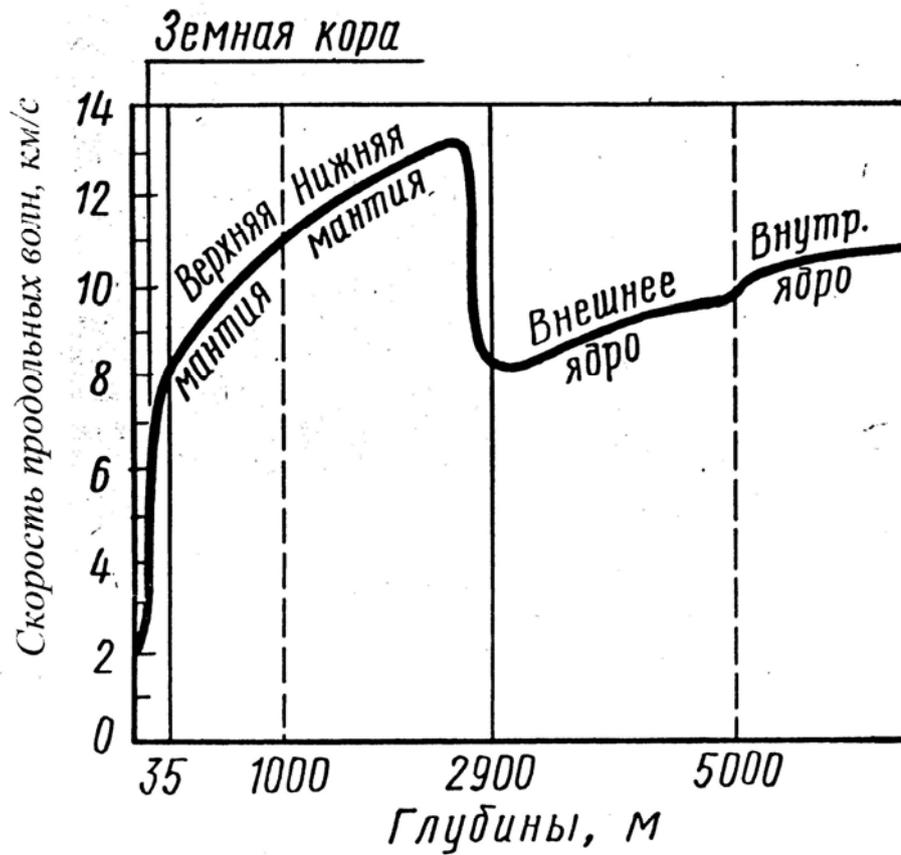


Рис. 2. Геосферы Земли, выделяемые по скоростям распространения продольных сейсмических волн:
1 – земная кора; 2 – мантия; 3 – ядро

Различают три основных типа процессов образования минералов – два эндогенных, обусловленных процессами внутренней динамики Земли (магматический, метаморфический) и экзогенный, связанный с процессами внешней динамики:

- 1) магматический (интрузивный и эффузивный);
- 2) экзогенный тип, т.е. поверхностный (гипергенез или выветривание, осадконакопление);
- 3) метаморфический (преобразование).

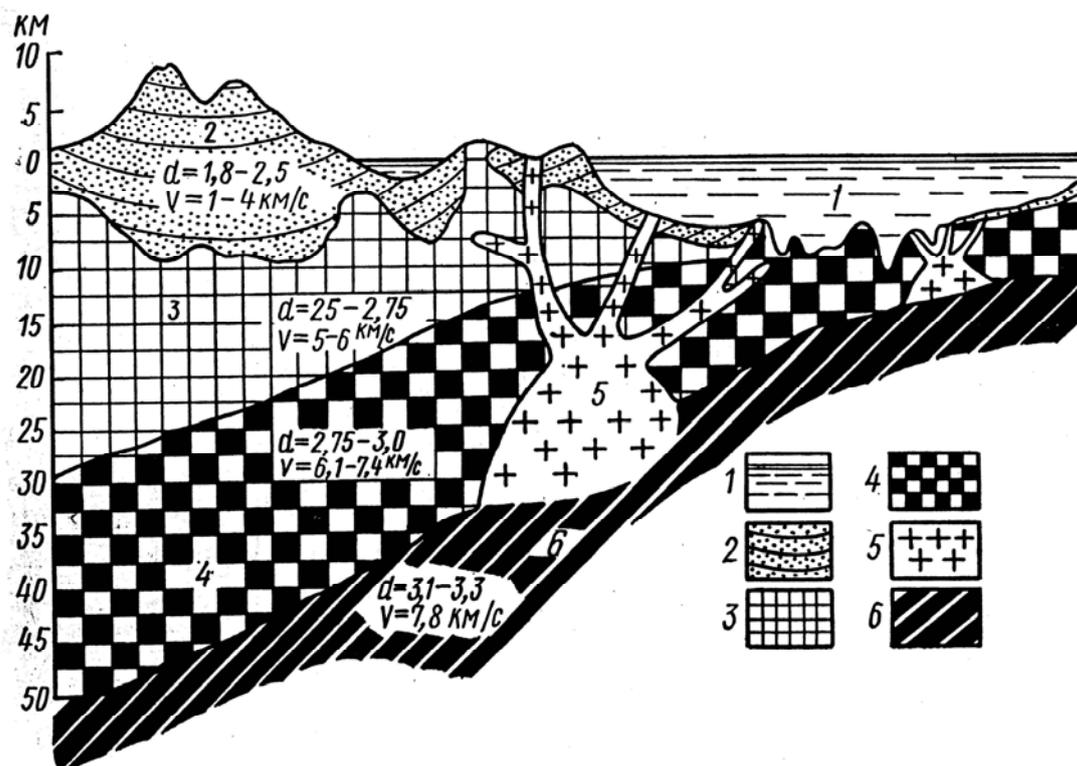


Рис. 3. Строение наружной сферы Земли – земная кора:
 1 – гидросфера; 2 – осадочные породы; 3 – гранитный слой; 4 – базальтовый слой; 5 – магматические очаги; 6 – верхняя мантия (подкорковый субстрат);
 d – плотность, г/см^2 ; v – скорость продольных волн, км/с

Сущность **магматического типа** образования первичных минералов сводится к тому, что в глубинах земной коры в результате весьма сложных физических, химических, радиоактивных и других процессов, приводящих к разогреву земных недр, возникают очаги раствора-расплава вещества, который геологи называют магмой.

Магма состоит в основном из окиси кремния, но в ней находятся и все известные нам элементы периодической таблицы Менделеева. Особенно много Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, C и H. Весь

этот сложный силикатный расплав находится под огромным давлением вышележащих пород земной коры. В нем не происходит никаких значительных изменений, хотя некоторые минералы уже формируются. Основная часть минералов образуется при остывании и кристаллизации магмы. Происходит это двояким способом, но причина в обоих случаях одна – тектонические процессы на нашей планете.

Земная кора находится в постоянном движении. Силы, которые сдвигают отдельные блоки земной коры и даже целиком континенты (литосферные плиты), действуют внутри нашей планеты и заставляют изгибаться, сжиматься в складки, раскалываться на отдельные участки земные слои. В результате этого на поверхности планеты возникают горы, в земной коре появляются трещины, разломы, полости. При этом резко падает давление, магма разжижается и по трещинам и разломам устремляется к поверхности Земли.

Если трещина доходит до поверхности Земли, то магма изливается в виде лавовых потоков и покровов. При извержении вулкана выбрасывается огромное количество растворенных в ней газов и паров воды, летучих органических и минеральных соединений. Сама лава быстро остывает. Поскольку минералы образуются в результате кристаллизации из расплава, то минералов – по количеству и разнообразию – в остывшей магме немного. Минералы, образованные в процессе извержения вулканов, относятся к **эффузивному типу**.

Совсем другая картина складывается в случае, когда магма, внедряясь в земную кору, не достигает поверхности планеты и медленно остывает, образуя интрузивные тела, что и отражено на рис. 4 [12]. Газообразные продукты магмы практически не улетучиваются, процесс остывания идет очень медленно. Создаются идеальные условия для постепенного охлаждения сложного магматического расплава, который переходит в смесь выделяющихся из него кристаллов минералов образующих горные породы.

Процессы остывания магмы длительные, сложные и еще недостаточно изученные. Известно лишь, что из магматического расплава при его остывании на дне магматического очага первыми выкристаллизовываются наиболее тугоплавкие минералы, такие как оливин (температура кристаллизации 1890°), авгит, роговая

обманка ($1\ 570^{\circ}$), анортит ($1\ 550^{\circ}$), минералы хрома, титана, никеля, кобальта, имеющие температуру плавления $1\ 500 - 1\ 300^{\circ}$. В дальнейшем, по мере понижения температуры, кристаллизуются более легкоплавкие минералы, такие как альбит, ортоклаз, биотит, мусковит, кварц ($700 - 500^{\circ}$). Это и есть собственно **магматическое минералообразование**, включающее в себя магматическую

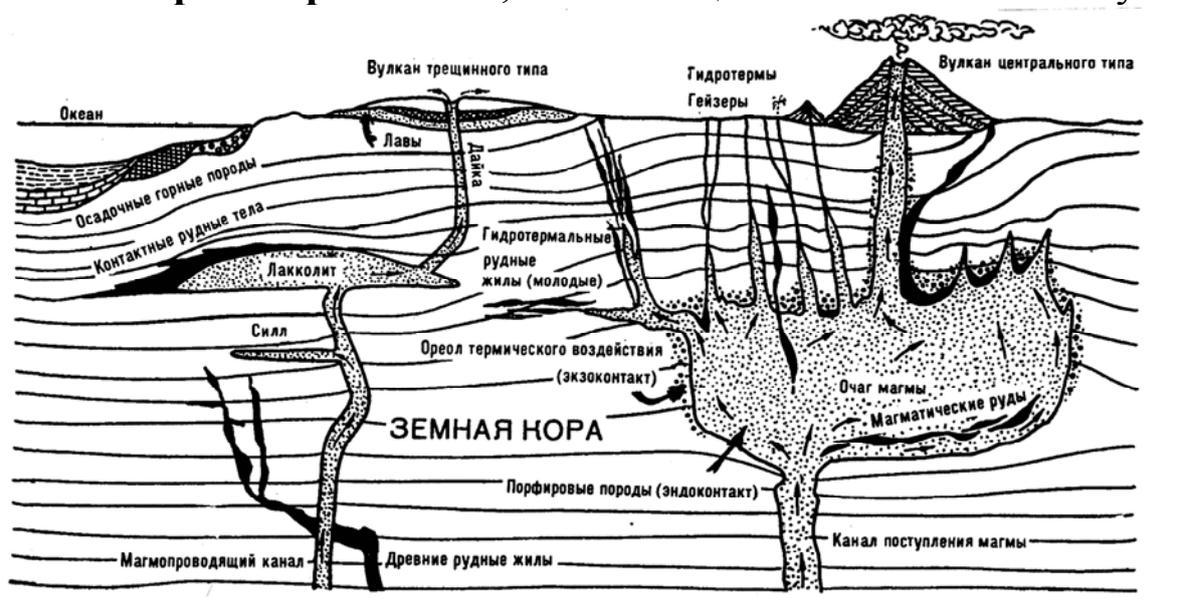


Рис. 4. Интрузивные тела и вулканы

(ликвация и ассимиляция) и кристаллизационную дифференциацию расплава. Затем на поверхности очага образуется остаточная магма, состоящая преимущественно из двух компонентов – ортоклаза и кварца. Они кристаллизуются одновременно, образуя особые горные породы – пегматиты. Процесс и результат кристаллизации представлен на рис. 5 – 6 [33]. Нередко возникают пегматитовые жилы. Состав их осложняется множеством новых ценных минералов – апатитов, топазов, изумрудов, бериллия, тантала, ниобия, олова и других. Кристаллы драгоценных камней образуются в полостях, называемых занорышами. Их образованию способствовали раскаленные газы и летучие соединения, которые осложнили все реакции, воздействуя на минералы и реагируя между собой. Этот процесс называется **пегматитовым минералообразованием**. Богаты пегматиты крупными выделениями полевых шпатов, кварца и слюды.

После образования пегматитовых жил процесс образования минералов сменяется **гидротермальным**. Входившие в состав магмы газообразные соединения и пары воды по трещинам уст-

ремляются в вышележащие вмещающие толщи. Эти летучие вещества, и прежде всего пары воды, продвигаясь вверх, постепенно сгущаются и переходят в горячие растворы-гидротермы, минерализованные соединениями золота, вольфрама, меди, свинца, цинка, сурьмы, ртути, пирита, кальцита, барита. По мере охлаждения из них один за другим выделяются минералы, заполняя трещины и образуя **гидротермальные жилы**. Тела этих жил содержат кварц, флюорит, магнетит, самородные элементы, минералы полиметаллических руд (галенит, сфалерит, халькопирит, киноварь и другие).

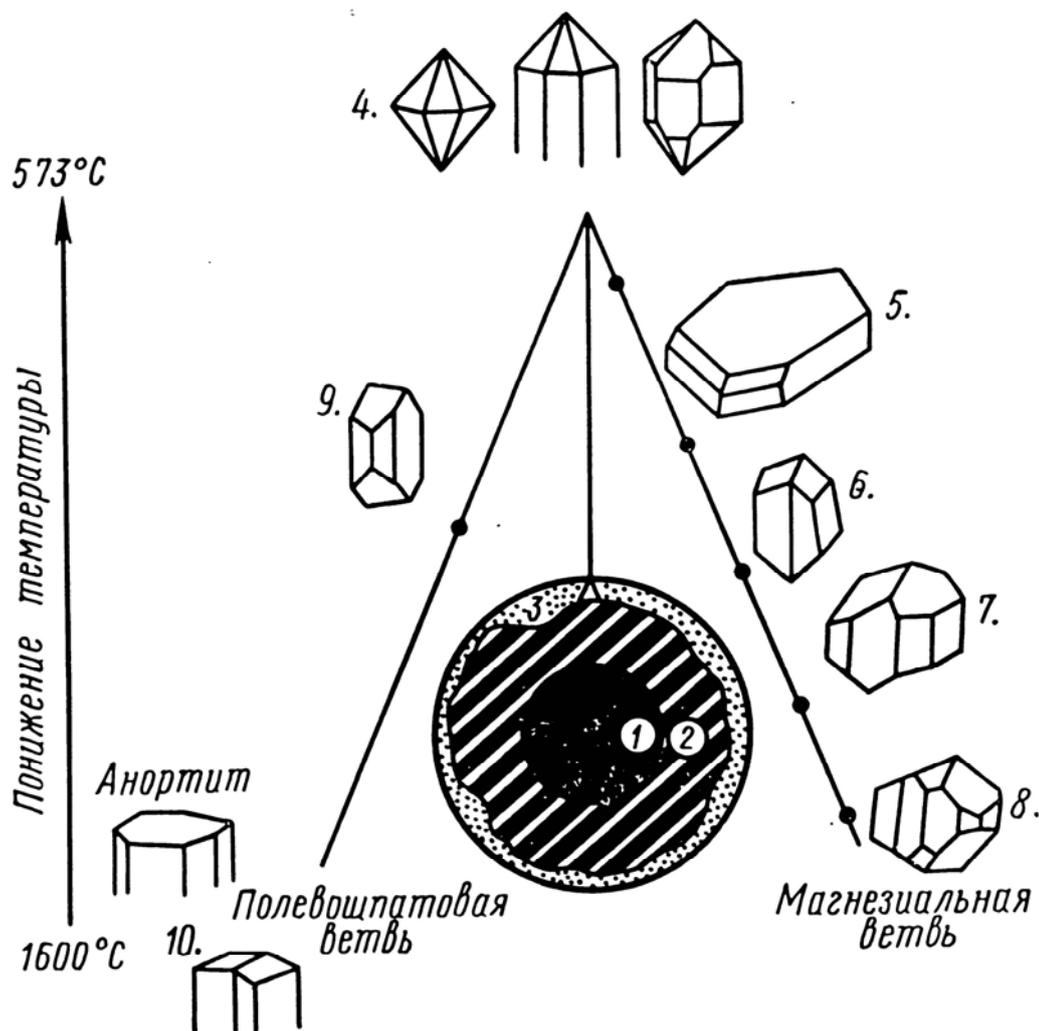


Рис. 5. Реакционный ряд Боуэна:

- 1 – ядро; 2 – мантия; 3 – земная кора; 4 – кварц; 5 – мусковит, биотит;
 6 – роговая обманка (амфиболы); 7 – авгит (магниево-кальциевые
 пироксены); 8 – оливин; 9 – ортоклаз; 10 – анортит

Кроме того, растворы и газы, проникающие во вмещающие породы (известняки, пески, глины) или на контакте с ними, частично растворяют их и преобразуют (**метасоматоз**). В результате образуются новые (магнезит, сидерит) или смешанные (доломит) минералы и горные породы (мрамор, кварцит).

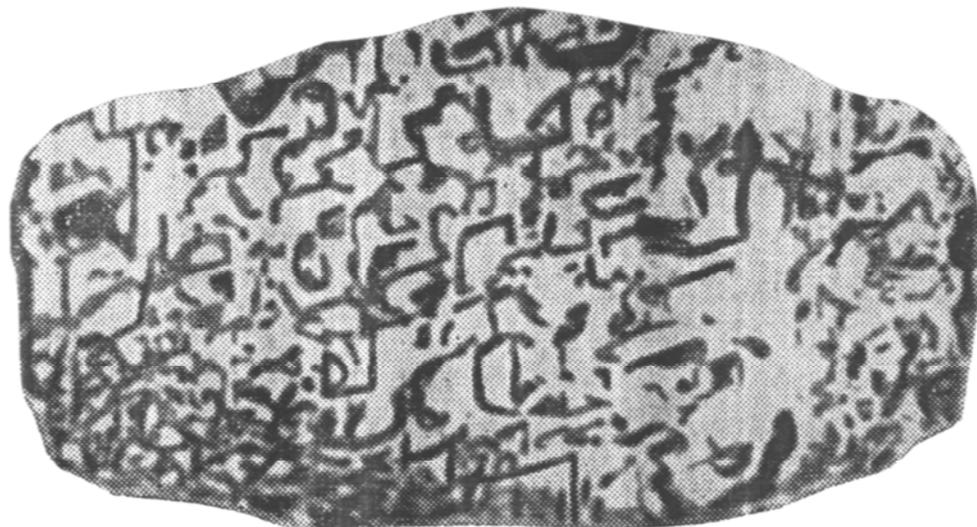


Рис. 6. Пегматит (светлый – полевой шпат, темный – кварц)

Жилы, возникшие при большом участии раскаленных газов, называются **пневматолитовыми**, а сам процесс **минералообразования – пневматолитовым**. Это могут быть газы сернистых, фтористых, хлористых соединений различных металлов и водорода, бора, фосфора, серы. В трещинах и пустотах из летучих соединений образуются руды вольфрама, мышьяка, висмута и других минералов. К пневматолиту относится и образование минералов из летучих компонентов при извержении в кратерах вулканов (самородная сера, гематит и другие). Так происходит **минералообразование магматического интрузивного или глубинного типа**.

Сущность **выветривания** заключается в разрушении образованных магматогенным (первичным) путем минералов и горных пород. На поверхности земли все горные породы и минералы подвергаются разрушению под воздействием кислорода, углекислого газа, воды и резкого перепада температур, а также в результате жизнедеятельности живых организмов.

Вода, насыщенная газами атмосферы (кислородом и углекислым газом) и различными солями, просачивается по тончайшим

трещинам глубоко внутрь горных пород и вызывает в них разнообразные сложные изменения.

Углекислота растворяет многие минералы, особенно карбонаты, вступая с ними в химические реакции. Кислород является окислителем и вступает в окислительно-восстановительные реакции.

Немалую роль в процессах выветривания играет и атмосферный азот. При грозовых разрядах воздух ионизируется с образованием активных ионов азота, и капли дождя содержат растворенную в них азотную кислоту. Ежегодно происходит около 70 000 гроз с числом молний порядка 2,5 миллионов. За год с дождем выпадает азотной кислоты на 1 км² земной поверхности от 1,5 т в умеренных широтах до 3,5 – 7 т в низких. На земле азотная кислота вступает в обменные реакции с твердыми минеральными веществами и химически разрушает их, высвобождая фосфор, калий, кальций и другие из недоступного состояния (полевые шпаты) в легкорастворимые формы [4, 25].

Живые организмы (в основном растения и микроорганизмы) ускоряют этот процесс, так как при их жизнедеятельности образуются органические кислоты более сильные, нежели угольная кислота.

Наиболее разрушающее действие на горные породы оказывает вода, особенно при изменении температуры. Она, замерзая и превращаясь в лед при отрицательной температуре, раздвигает стенки микротрещин горных пород. Со временем трещины становятся все шире и шире. В конце концов каменные громады постепенно раскалываются на глыбы, которые в свою очередь распадаются на более мелкие обломки, последовательно превращаясь в щебень, дресву, песок, пыль.

Почти все первичные минералы, образовавшиеся в результате эндогенных процессов, разрушаются или претерпевают изменения под действием выветривания. Так, полевые шпаты преобразуются в белую глину – каолин; соединения железа превращаются в бурые железняки; медные, цинковые, свинцовые и другие минералы окисляются и переходят во вторичные минералы. Лишь алмаз, кварц, золото и платина стойко сопротивляются процессам выветривания. Они обособляются от вмещающих горных пород и скапливаются в россыпях.

Обособление происходит под действием ветра и той же воды. Бурные горные потоки, ручьи и реки непрерывно переносят с места на место продукты выветривания, как твердые в виде песка и глины, так и растворенные в воде минеральные соли, и уносят их в моря и другие водные бассейны. Ветер также перемещает значительное количество минеральных веществ в виде пыли. На дне озер, морей, в долинах рек, на склонах гор накапливаются мощные пласты этих рыхлых осадков.

Живые организмы водоемов также участвуют в образовании вторичных минералов. Из воды они поглощают растворенные в ней вещества для построения своего скелета или раковины. Остатки погибших организмов накапливаются на дне в течение длительного времени, исчисляемого тысячелетиями и миллионами лет, образуя мощные толщи известняков, мела, мергелей, диатомитов, трепелов.

В мелководных бассейнах морей, лагунах в результате испарения воды происходит увеличение концентрации растворенных солей, а по достижении насыщенного раствора начинается их кристаллизация и накопление на дне. В результате образуются такие минералы, как каменная и калийная соли, мирабилит и другие. Примерами могут служить озера Эльтон и Баскунчак, залив Кара-Богаз-Гол и другие. Хемогенно-осадочным путем накапливаются оолиты кальцита, бурого железняка, гипс, доломит, образуются их сталактиты и сталагмиты, натечные формы и т.д. Так в основном возникает и развивается второй **тип минералообразования – поверхностный, или экзогенный.**

В результате постоянного движения земной коры горные породы могут подняться из недр, а могут, наоборот, опуститься в глубины земной коры, где существуют зоны повышенных температур и давлений. В этих условиях происходят новые химические реакции, которые приводят к образованию новых горных пород и минералов. Например, известняки под действием высокой температуры и давления превращаются в мраморы; глины – в твердые кристаллические сланцы и гнейсы; рыхлые песчаники – в сливные кварциты; граниты – в гнейсы. Соответственно и минералы в них тоже преобразуются. Так, породы из оливина (дуниты, перидотиды, пироксениты) преобразуются в тальковые и хлоритовые сланцы, в серпентины, в асбест. Процессы таких изменений на-

зываются метаморфизмом и составляют **метаморфический тип минералообразования**. Все типы образования минералов внутри Земли (магматогенный и метаморфический) относятся к **эндогенным процессам**.

Итак, недра Земли – гигантский химический реактор, в котором царят высокие давления и температуры. Основным источником внутреннего тепла служат процессы радиоактивного распада. К тому же в недрах Земли консервируется около 1% солнечной энергии. Так, образование торфа и углей, горючих сланцев, глинистых минералов и других идет с поглощением тепла. В дальнейшем при процессах метаморфизма занесенная впрок солнечная энергия выделяется. Такой перенос солнечной энергии в недра Земли и включение ее в энергетику эндогенных процессов был назван большим круговоротом солнечной энергии [20, 28].

Вещество в глубинах Земли сильно нагрето и сжато, а местами находится в жидком состоянии. Это приводит к зарождению расплавов сложного силикатного состава, насыщенных летучими соединениями. Поднимаясь к поверхности, они оказывают сильное влияние на вмещающие горные породы и преобразуют их.

Все процессы на Земле – от извержения вулканов до испарения воды – сопровождаются образованием минералов. При этом большое значение имеет источник энергии. Внутренние (эндогенные) процессы идут за счет энергии недр, а внешние (экзогенные) – за счет солнечной энергии.

К первым относятся процессы, связанные с образованием расплавов в недрах Земли. По мере движения к поверхности от расплава отделяются обогащенные летучими компонентами фракции. При их кристаллизации образуются пегматиты с великолепными кристаллами берилла, кварца и топаза. В дальнейшем, при снижении температуры, основным переносчиком вещества становятся жидкие растворы. Из них формируются кристаллы галенита, пирита, антимонита, аметиста, цеолитов, горного хрусталя, возникают золотоносные жилы. Излившиеся на поверхность горячие расплавы образуют вулканические породы. С ними связаны месторождения хризолита, диопсида, ильменита. Подземные процессы порождают рудные жилы и залежи большинства металлических и неметаллических полезных ископаемых.

С процессами метаморфизма связано образование гранатов и кианитов в кристаллических сланцах, возникновение горного хрусталя, цитрина, родонита, яшмы. В процессе метасоматоза происходит преобразование горных пород с существенным изменением химического и минерального состава исходного вещества в результате реакций между твердыми минералами и растворами. Иногда этот процесс захватывает массивы объемом до нескольких кубических километров. Возникают месторождения чароита, хризолита, хромдиоксида, нефрита, жадеита.

Внешние процессы протекают на земной поверхности или вблизи ее. С ними связано минералообразование при физическом, химическом и биологическом выветривании, а также при осадконакоплении. Так, при химическом выветривании образуются малахит, бирюза, хризопраз, а при механическом разрушении коренных пород формируются россыпи золота, платины, алмазов, рубинов, сапфиров и других драгоценных камней и металлов.

Минералы образуются и в живых организмах. Так, морские и пресноводные моллюски растят в себе жемчуг. Кораллы являются колониями морских организмов. Янтарь – застывшая смола ископаемых хвойных деревьев. Гагат – черный ископаемый уголь растительного происхождения.

Важными генетическими и диагностическими признаками являются морфология и свойства минералов.

Глава 2. Морфология минералов

В природе минералы встречаются в виде разнообразных кристаллов правильной формы, но обычно – в виде кристаллических зерен, их сростков, зернисто-кристаллических и плотных скрытокристаллических агрегатов, вкрапленников, дендритов, псевдоморфоз, конкреций, оолитов, натечных форм, землистых масс, налетов, примазок, выцветов и т.д. Они, как и свойства минералов, подробно описаны в минералогической литературе [1 – 3, 5 – 19, 21 – 27, 29 – 40]. Для удобства пользования определителем приводим описание наиболее распространенных форм, тем более, что характерный внешний облик (габитус) позволяет определить отдельные минералы.

Кристаллы – это природные или искусственные твердые тела в форме многогранников. Совершенство кристаллов определяется симметрией, т.е. наличием в них элементов симметрии: осью (L), центром (C), и плоскостью симметрии (P). На рис. 7 – 16 [5] видно, что чем правильнее кристалл, тем больше в нем элементов симметрии.

Ось симметрии (L) – это воображаемая ось внутри кристалла, при повороте вокруг которой на один и тот же угол всегда совмещаются равные части фигуры. Совмещение граней в разных кристаллах возможно два, три, четыре или шесть раз. Этот порядок оси обозначается цифрой у символа (L^2, L^3, L^4, L^6). Ось симметрии второго порядка (L^2) – ось низшего порядка. $L^3 - L^6$ – оси высшего порядка. Оси симметрии пятого и выше шестого порядка в кристаллах невозможны в силу закономерностей их внутреннего строения. В кристаллах может быть несколько осей одного или разных порядков, или они вообще отсутствуют (рис. 7 – 8). Их количество обозначается цифрой перед символом оси ($3L^2$).

Плоскость симметрии (P) – это воображаемая плоскость, которая делит кристалл на две равные, зеркально отраженные части. В кристаллах возможно до девяти плоскостей (они обозначаются цифрой перед значком – $9P, 2P, P$), или их может не быть (рис. 9 – 10).

Центр симметрии (C) – это воображаемая точка внутри кристалла, равноудаленная от соответствующих точек на его поверхности. Он возможен только один, хотя некоторые кристаллы не имеют центра симметрии. Если в кристалле каждой грани соответствует параллельная ей грань, то центр есть. Если же хотя бы одна из граней не параллельна противоположной грани, то центра нет.

Из символов элементов симметрии составляются кристаллографические формулы (формулы симметрии). Например, $3L^2C3P$ характеризует кристалл в форме прямоугольной или ромбической призмы (читается: три оси второго порядка, центр, три плоскости). Форме куба (пирит, галенит, флюорит) соответствует формула $3L^44L^36L^2C9P$.

По комбинации этих элементов выделено **32 класса кристаллов**, которые в свою очередь разделены на **3 категории** (низшую, среднюю и высшую) и **7 систем** или **сингоний** (табл. 2). В **низшей категории** выделяют триклинную, моноклинную, ромбическую системы. У кристаллов этой категории минимальный набор элементов симметрии. В **средней** – тригональную, тетрагональную, гексагональную. Здесь среднее число элементов симметрии. В **высшей категории** – кубическую сингонию с максимальным числом элементов симметрии. Таким образом, зная сингонию кристалла, можно представить себе его идеальную форму (рис. 11 – 12).

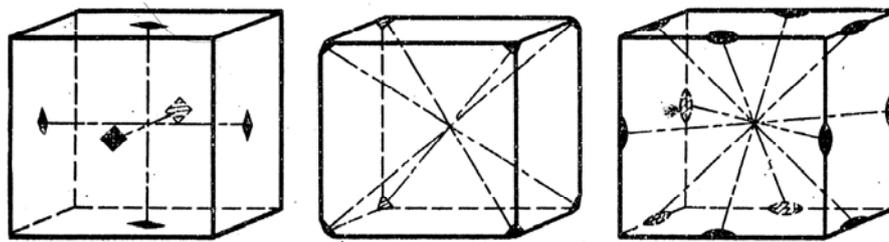


Рис. 7. Оси симметрии в кубе

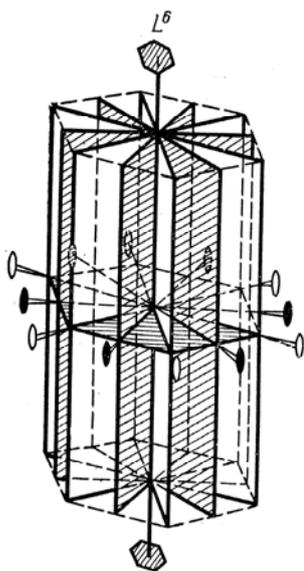


Рис. 8. Оси симметрии шестого и второго порядков (L^6L^2) и плоскости симметрии ($7P$) в гексагональной призме

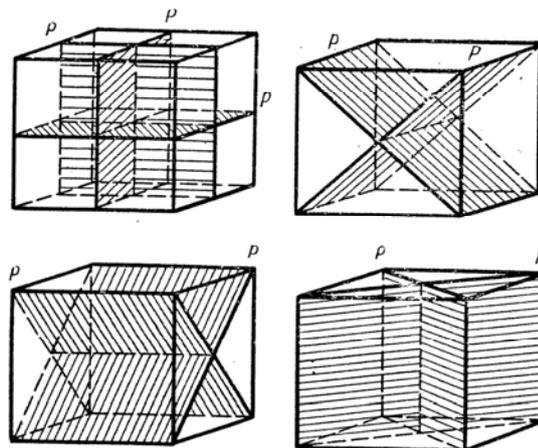


Рис. 9. Плоскости симметрии в кубе

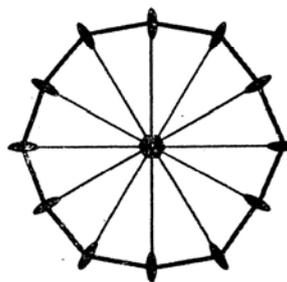
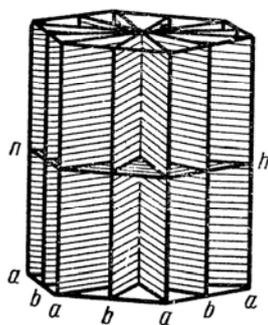


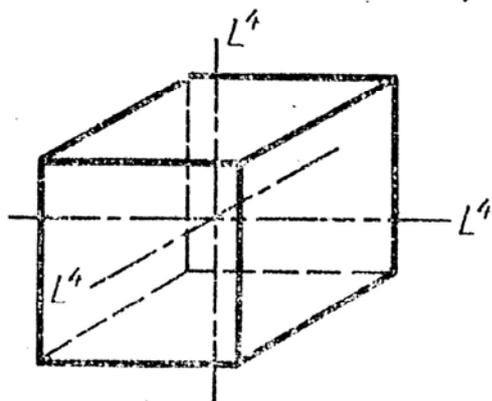
Рис. 10. Плоскости симметрии в гексагональной призме (слева) и схема расположения осей симметрии (в плане, справа)

Виды симметрии кристаллов

Категория	Сингония	Виды симметрии										
		примитивный	центральный	планальный	аксиальный	планаксиальный	инверсионно-примитивный	инверсионно-планальный				
Низшая	Триклинная	1 —	2 C									
	Моноклинная			3 P	4 L ²	5 L ² PC						
	Ромбическая			6 L ² P	7 3L ²	8 3L ² 3PC						
Средняя	Тригональная	9 L ³	10 L ³ C	11 L ³ P	12 L ³ L ²	13 L ³ L ² 3PC						
	Тетрагональная	14 L ⁴	15 L ⁴ PC	16 L ⁴ P	17 L ⁴ L ²	18 L ⁴ L ² 5PC	19** L _{i,6} = L ²	20 L _{i,6} (=L ²)2L ² × 2P				
	Гексагональная	21 L ⁶	22 L ⁶ PC	23 L ⁶ P	24 L ⁶ L ²	25 L ⁶ L ² 7PC	26 L _{i,6} = L ³ P	27 L _{i,6} 3L ² 3P = L ³ L ² 4P				
	Кубическая	28 4L ³ L ²	29 4L ³ L ² 3PC	30 4L ³ L ² × (3L _{i,6})6P	31 3L ⁴ L ³ L ²	32 3L ⁴ L ³ L ² × 9PC						

* 19-й кристаллографический класс следует отличать от 4-го класса с одной простой L².

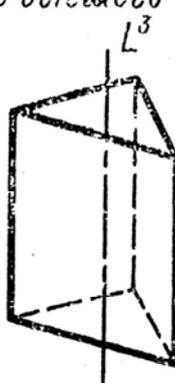
Высшая сингония Кубическая
(более одной оси высшего наименования)



Средние сингонии
(только одна ось высшего наименования)



Гексагональная

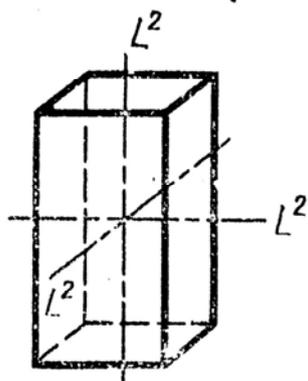


Тригональная

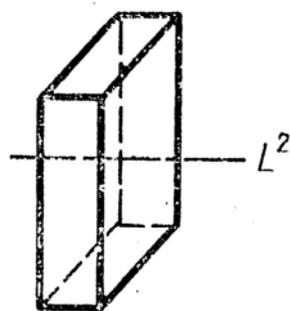


Тетрагональная

Низшие сингонии
(ни одной оси высшего наименования)



Ромбическая



Моноклинная



Триклинная

Рис. 11. Определение сингонии кристаллов

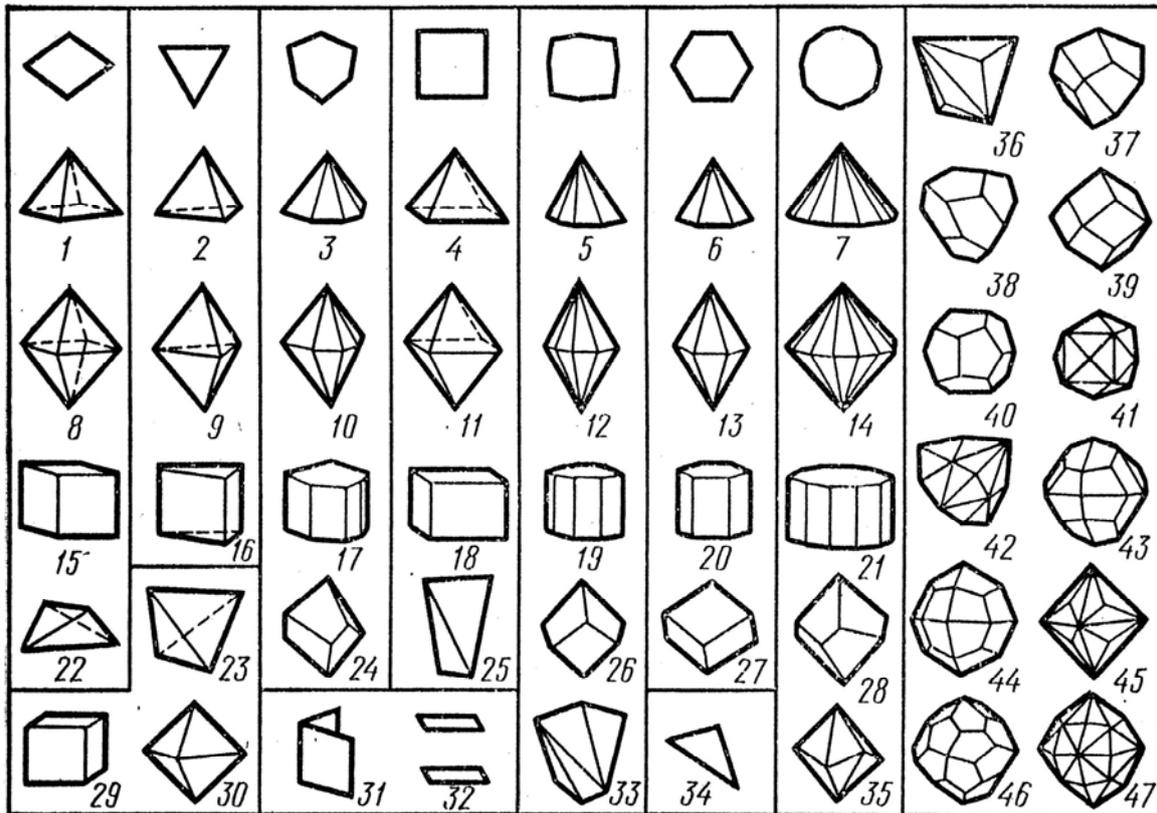


Рис. 12. Простые формы кристаллов:

1 — ромбическая пирамида; 2 — тригональная пирамида; 3 — дитригональная пирамида; 4 — тетрагональная пирамида; 5 — дитетрагональная пирамида; 6 — гексагональная пирамида; 7 — дигексагональная пирамида; 8 — ромбическая дипирамида; 9 — тригональная дипирамида; 10 — дитригональная дипирамида; 11 — тетрагональная дипирамида; 12 — дитетрагональная дипирамида; 13 — гексагональная дипирамида; 14 — дигексагональная дипирамида; 15 — ромбическая призма; 16 — тригональная призма; 17 — дитригональная призма; 18 — тетрагональная призма; 19 — дитетрагональная призма; 20 — гексагональная призма; 21 — дигексагональная призма; 22 — ромбический тетраэдр; 23 — тетраэдр; 24 — тригональный трапецоэдр; 25 — тетрагональный тетраэдр; 26 — тетрагональный трапецоэдр; 27 — ромбоэдр; 28 — гексагональный трапецоэдр; 29 — куб; 30 — октаэдр; 31 — диэдр; 32 — пинакоид; 33 — тетрагональный скаленоэдр; 34 — моноэдр; 35 — дитригональный скаленоэдр; 36 — тригон-тритедраэдр; 37 — тетрагон-тритедраэдр; 38 — пентагон-тритедраэдр; 39 — ромбододекаэдр; 40 — пентагон-додокаэдр; 41 — тетрагексаэдр; 42 — гексатетраэдр; 43 — дидодокаэдр; 44 — тетрагон-триоктаэдр; 45 — тригон-триоктаэдр; 46 — пентагон-триоктаэдр; 47 — гексоктаэдр

В основу кристаллографических терминов положены греческие корни.

Аксон — ось. *Гекса* — шесть, шести. *Гномон* — перпендикуляр. *Гония* — угол. *Дека* — десять, десяти. *Додека* — двенадцать, двенадцати. *Клине* — наклон. *Моно* — одно. *Окто* — восьми, восьмью. *Пента* — пяти, пять. *Пинакос* — таблица, доска. *Планум* — плоскость. *Поли* — много. *Син* — сходно. *Сингония* — сходноугольность. *Скаленос* — кривой, неровный. *Стереос* — пространственный, объемный. *Тетра* — четыре, четырех, четырежды. *Три* — три, трех, трижды. *Эдра* — грань

Кристаллы могут быть изометричными, т.е. равномерно развитыми (правильными) во всех направлениях. Например, кубы (галит, галенит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит), бипирамиды (кварц), ромбододекаэдры (гранат), ромбоэдры (кальцит) и другие. Это характерно для кристаллов высшей категории. Исключение представляют ромбоэдры. Они состоят из шести граней в виде ромбов и напоминают вытянутый или сплюснутый по диагонали куб; возможны только в тригональной и гексагональной сингониях (рис. 13 – 16).

При росте в одном направлении кристаллы приобретают удлиненные призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые формы (турмалин, берилл, рутил, роговая обманка). Они характерны для кристаллов средней категории.

Кристаллы уплощенные растут в двух направлениях при сохранении третьего короткого и становятся таблитчатыми, тонко- и толстопластинчатыми, листоватыми, чешуйчатыми (слюды, хлориты, тальк, графит и другие). Это кристаллы низшей категории.

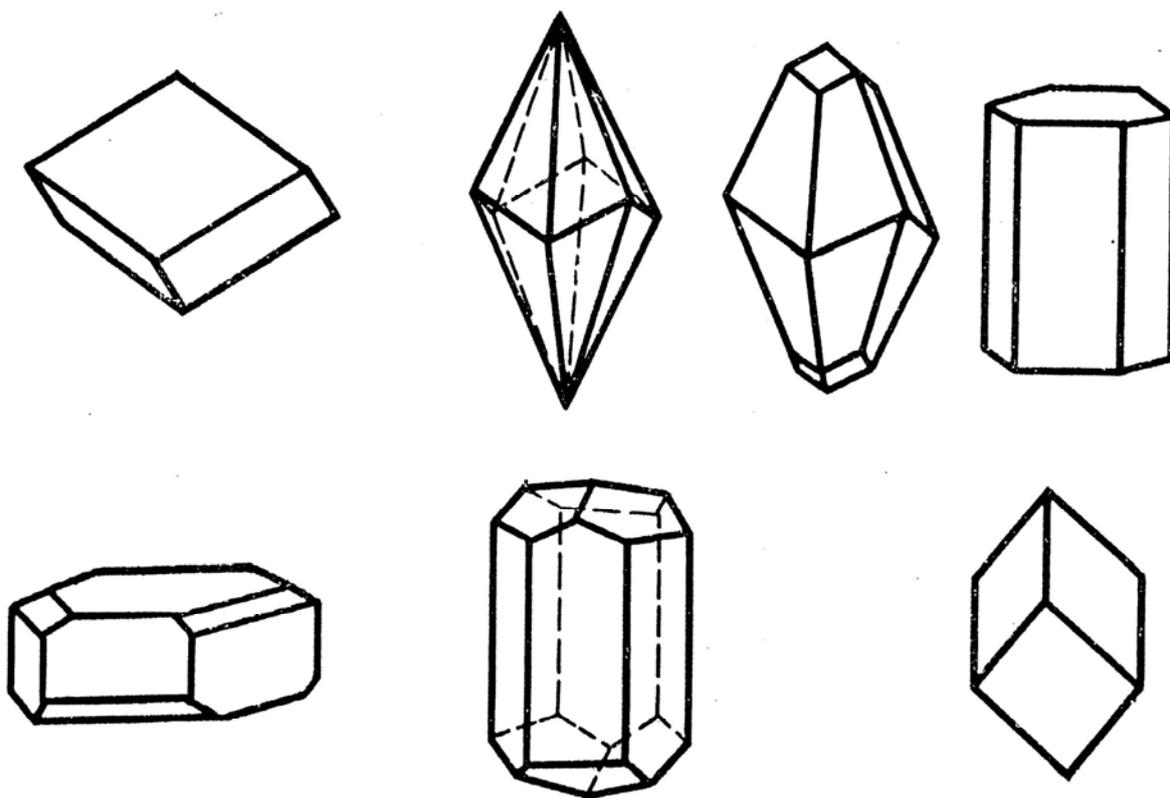


Рис. 13. Различные природные кристаллы кальцита

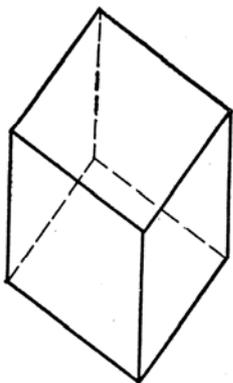


Рис. 14. Кристалл кальцита в форме ромбоэдра

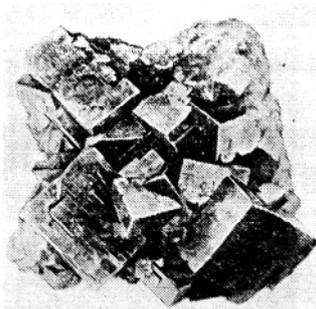


Рис. 15. Кристаллы флюорита

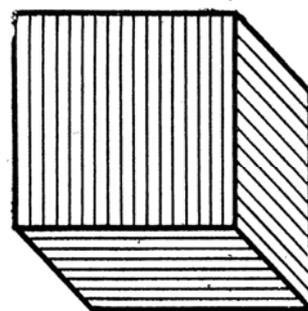


Рис. 16. Кристалл пирита со штриховкой на гранях

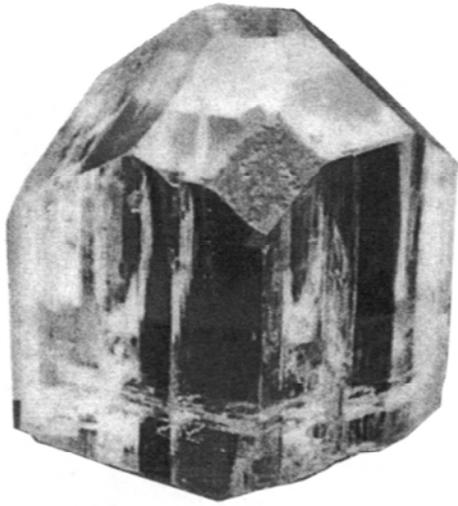
Форма кристаллов не всегда является характерным диагностическим признаком, так как у одних и тех же минералов она может быть разной и наоборот, одинаковой, в зависимости от условий образования (см. Приложение 2).

Размеры кристаллов бывают от долей мм до нескольких метров. Кристаллы-гиганты достигают в длину до 14 – 20 м с поперечником в 1 м и весят до 70 – 90 т (сподумен из месторождения Клейстон, США; кварц из Казахстана). Кристаллы некоторых минералов приведены на рис. 17 [14, 27].

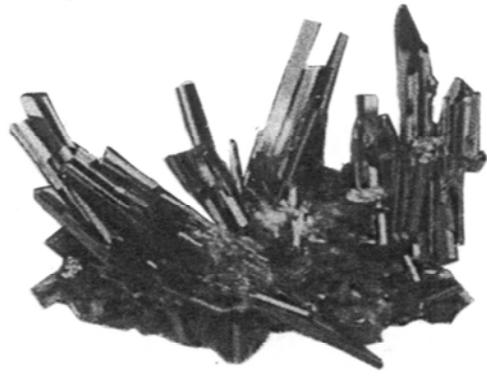
Кристаллы редко встречаются в виде одиночных форм. Скопления нескольких кристаллов образуют различные **сростки или агрегаты**.

Для многих минералов характерны закономерные **двойниковые сростки** двух или более кристаллов: крестообразные (ставролит, гипс); вильчатые – «ласточкин хвост» (гипс); коленчатые двойники (оловянный камень, рутил и т.п.). Эти формы облегчают определение минералов.

Друзы и щетки – сростки идеальных кристаллов, выросших на какой-либо поверхности стенок различных пустот (трещин, каверн, погребов, занорышей, пещер и других). Щетки и кристаллические корки – мелкие тесно сросшиеся кристаллики, сплошь покрывающие стенки узких трещин. Друзы и гребенчатые сростки – наросты крупных кристаллов, которые возникают при кристаллизации минерального вещества из циркулирующих в пустотах растворов.



Топаз (79)



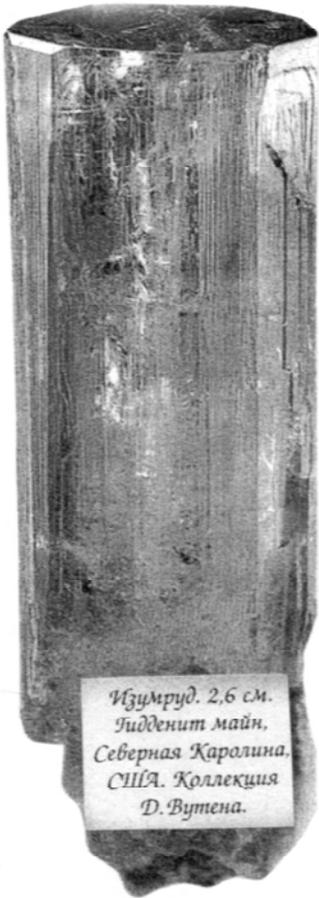
Эпидот (цветка) (73)



Корунд (81)

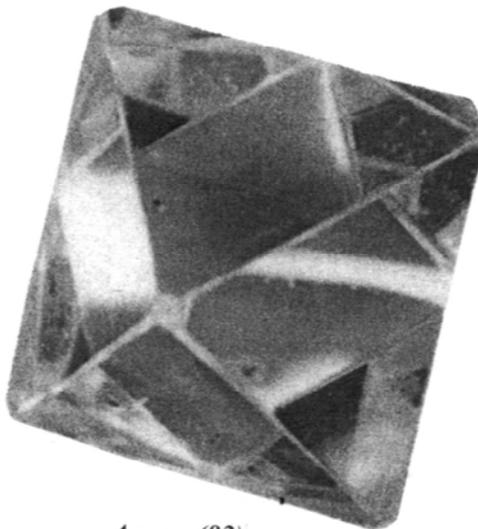


Ставролит (75)



Изумруд (77)

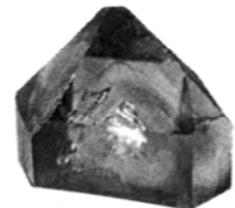
*Изумруд. 2,6 см.
Гидденит майн,
Северная Каролина,
США. Коллекция
Д. Вутена.*



Алмаз (82)



Берилл (77)



Аметист (59)

Рис. 17. Формы кристаллов и сростков

«Каменные розы» – сростки идеальных кристаллов, спирально нарастающих один на другой и изгибающихся, подобно лепесткам розы. Образуются как продукты кристаллизации минеральных солей, находившихся в растворе. Примерами служат гипсовые, кальцитовые, галитовые, пиритовые, марказитовые «розы». Так, гипсовые и кальцитовые «розы» возникают на соляных озерах – шорах, под слоем песка в результате испарения воды. Поднимаясь к поверхности, рассолы и растворы фильтруются сквозь поры между песчинками, захватывая их, и пластинчатые кристаллы образуют лепестковые сростки (см. Приложение 2).

Зернисто-кристаллические агрегаты (наиболее распространены) – массы из кристаллических зерен неправильной формы, иногда в комбинации с идеальными кристаллами каких-либо минералов. По величине зерен различают крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые (с микроскопическими зернами) агрегаты. По форме и расположению зерен – зернистые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, скорлуповатые, шестоватые, столбчатые, игольчатые, волокнистые, радиально-лучистые (астрофиллит, турмалин) массы.

Секреции – полости в горной породе, частично или полностью выполненные кристаллическим или коллоидным минеральным веществом. Мелкие заполненные секреции называются **миндалинами**; крупные, с полостью в центре, стенки которой инкрустированы друзами или щетками, – **жеодами**. Для секреций характерно послойное отложение минерального вещества от стенок к центру, приводящее к концентрически-зональной окраске (агатовое строение).

Среди некристаллических минералов наиболее распространены формы, изображенные на рис. 18 [21].

Конкреции – шарообразные и неправильной формы стяжения и желваки разных минералов. Образуются в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках) за счет стяжения минерального (коллоидного) вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. В изломе конкреций можно видеть радиально-лучистое или концентрически-зональное строение. Размеры конкреций бывают от 1 мм до десятков сантиметров, иногда до нескольких метров в поперечнике. В виде конкреций встречаются фосфорит, пирит, марказит, сидерит, кремний и другие. Желваковые конкре-

ции нередко образуют причудливые скульптурные формы (см. Конкреции фосфоритов на рис. 18).

Оолиты – небольшие сферические образования, похожие на просяные зернышки, икринки, горошинки, с характерным оболочечным, концентрически-скорлуповатым строением. Образуются в мутной водной среде путем обрастания избыточным минералом взвешенных частичек. Увеличиваясь в размере и весе, они оседают на дно и образуют оолитовые массы – «икряные» и «гороховые камни». В виде оолитов нередко встречаются кальцит, лимонит, боксит (см. Оолиты кальцита на рис. 18).

Натечные формы – натёки минеральных растворов в виде сталактитов, сталагмитов, почковидных и гроздьевидных образований, корочек, «стеклянных голов» и другие в различных пустотах (см. Малахит на рис. 18).

Плотные (скрытокристаллические) агрегаты – гели, сливные массы, размер зерен в которых не различим даже через лупу (опал, халцедон и другие).

Землистые агрегаты – мягкие мучнистые образования, похожие на рыхлую почву, аморфного или скрытокристаллического строения. В зависимости от окраски такие массы называют сажистыми (черные) или охристыми (желто-красные, бурые). Пачкают руки. Обычно образуются при химическом выветривании горных пород и в зоне окисления руд. Примеры: каолин, боксит, лимонит, пиролюзит.

Псевдоморфозы – ложные формы. Это минеральные образования, форма которых не соответствует их веществу. Например, в окаменелостях органическое вещество животного или растения замещено каким-либо минералом (кремнем, пиритом, лимонитом). Таким образом, минерал приобретает не свойственную ему форму, а повторяет форму организма, или другого минерала, предмета и т.д.

Различают следующие разновидности псевдоморфоз. *Псевдоморфозы превращения* (лимонита по пириту, малахита по азуриту, каолина по ортоклазу). *Псевдоморфозы вытеснения* (первоначальное вещество нацело замещается другим: кальцит – кварцем, гипс – халцедоном, органические остатки – кальцитом, фосфоритом, пиритом). *Псевдоморфозы выполнения* (пустота на месте кристалла или организма выполнена новым веществом, повторяющим форму первичного тела).



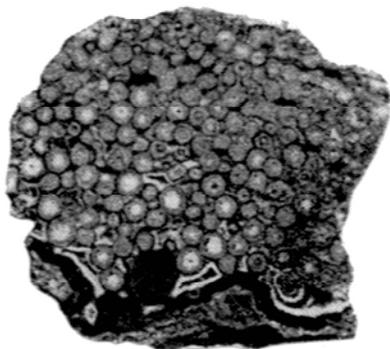
Почковидные (малахит), снаружи и на разрезе



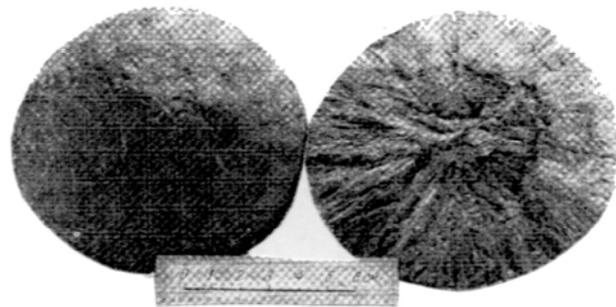
Дендриты марганца



Гроздьевидные (лимонит)



Оолиты кальцита



Конкреции фосфорита

Рис. 18. Некристаллические формы

Дендриты – ветвистые формы минеральных тел, древовидные агрегаты. По внешнему виду напоминают ветки растений или их отпечатки, но имеют иную природу, чем окаменелости. Образуются при быстрой кристаллизации минералов из растворов, при кристаллизации в тонких трещинах, в вязкой среде (в глинах). В виде дендритов встречаются самородки меди, серебра, золота, железисто-марганцевых соединений (см. Дендриты марганца на рис. 18).

Налеты и примазки – тонкие пленки различных по составу веществ на поверхности кристаллов. Например, пленки бурых гидроокислов железа на кристаллах горного хрусталя, медной зелени и сини – на поверхности медесодержащих пород.

Выцветы – рыхлые пленки, корочки, налеты или спорадически рассеянные восковидные и пушистые, моховидные образования каких-либо солей (обычно легкорастворимых галита, сильвина, гипса, железного купороса – мелантерита и т.д.). Периодически появляются (в сухую погоду) и исчезают (в дождливые периоды) на поверхности сухих почв, руд, горных пород и по трещинам в них.

Глава 3. Свойства минералов

Для правильного определения минералов необходимо знать их свойства. Эти свойства могут быть общими для всех минералов и особыми, индивидуальными для отдельных минералов. Их изучают визуально по внешним признакам либо с помощью специального оборудования или приборов. Среди общих свойств выделяют механические и оптические свойства. Правда, и среди некоторых общих свойств есть отличительные свойства, присущие только данному минералу. Например, характер спайности, излома, иризация, побежалость и т.д. Ниже эти и другие свойства рассматриваются подробно.

3.1. Общие свойства

3.1.1. Механические (физические) свойства

К механическим свойствам относятся твердость, хрупкость, спайность, излом, удельный вес и другие.

Твердость является степенью сопротивления минерала какому-либо внешнему механическому воздействию. Для ее определения пользуются шкалой относительной твердости минералов, предложенной в XIX веке венским минералогом Фридрихом Моосом. Минералам присвоена относительная твердость от 1 до 10 баллов.

Упрощенно все минералы по твердости можно разделить на 4 группы:

- 1) мягкие минералы – твердость ниже 2,5;
- 2) минералы средней твердости – от 2,5 до 5 – 5,5;
- 3) минералы твердые – от 5 до 7;
- 4) минералы очень твердые – твердость выше 7.

При определении твердости следует иметь в виду, что твердость кристаллических тел в разных направлениях различна.

Скрытокристаллические, тонкопористые и порошковатые разновидности минералов имеют пониженную твердость. Так, гематит в кристаллах имеет твердость 6, а в виде красной охры – 1.

Основная масса минералов обладает твердостью от 2 до 6 – 7 баллов. Минералы с большей твердостью редки. Это гранат (7,5 – 8), топаз, берилл (8), корунд (9), алмаз – единственный минерал с твердостью 10.

Таблица 3

Шкала твердости Мооса и ее заменители

Образец минерала (эталон)	Единица твердости, баллы	Заменитель шкалы Мооса для определения твердости минерала
ТАЛЬК	1	Мягкий крапдаш № 1 – 2 оставляет на минерале царапину. Сам минерал царапается ногтем
ГИПС	2	Ноготь оставляет на минерале царапину (твердость ногтя почти 2,5)

Образец минерала (эталон)	Единица твердости, баллы	Заменитель шкалы Мооса для определения твердости минерала
КАЛЬЦИТ	3	Ногтем не царапается. Латунная монета оставляет на минерале царапину. Легко царапается ножом
ФЛЮОРИТ	4	Соответствует твердости железного гвоздя. Стальной перочинный нож оставляет ясную царапину на поверхности минерала. Латунная монета с трудом царапает минерал
АПАТИТ	5	Соответствует твердости стекла. Латунная монета не оставляет следа. Острие стального ножа слабо царапает
ПОЛЕВОЙ ШПАТ	6	Острый кончик стального перочинного ножа при сильном нажатии оставляет на минерале слабую царапину. На поверхности ножа минерал оставляет ясную царапину. Напильник оставляет след на минерале
КВАРЦ	7	Минерал оставляет ясную царапину на перочинном ноже. Напильник не оставляет следа на минерале
ТОПАЗ	8	Минерал царапает кварц. Сплав победита царапает минерал
КОРУНД	9	Царапает кварц и топаз. Кроме корунда и его разновидностей – рубина, сапфира, наждака. Минералов с твердостью 9 нет
АЛМАЗ	10	Единственный минерал с твердостью 10. Режет стекло, царапает корунд

Прочность – сопротивляемость минерала раскалыванию, разламыванию, изгибу или разрыву, то есть всему, что связано с силой сцепления его частей. Для определения прочности исследуют минерал на хрупкость, ковкость, пластичность, тягучесть, гибкость, упругость.

Хрупкость – способность минерала разрушаться при механическом воздействии, легко рассыпаясь на мелкие части.

Ковкость – свойство минералов расплющиваться в тонкие пластинки при ударе по ним молоточком на наковальне. Обычно ею обладают минералы самородных элементов и некоторые минералы из класса сульфидов.

Пластичность – способность минерала резаться ножом на тонкие пластинки.

Тягучесть – свойство минерала вытягиваться в проволоку.

Гибкость – свойство минерала изгибаться и сохранять приданную форму.

Упругость – свойство минерала пружинить при воздействии деформирующих сил. Например, листочки слюды гибки и упруги в отличие от пластичных листочков хлорита, талька.

Спайность – способность некоторых минералов раскалываться по определенным направлениям с образованием плоских поверхностей. Плоскости раскалывания минералов называются плоскостями спайности. При этом спайность может проявляться в одном, двух либо трех направлениях, иногда с образованием ступенчатого излома, как например, у кальцита, изображенного на рис. 19 [33].

Различают спайность четырех видов. Спайность весьма совершенная (минерал способен делиться на тончайшие пластинки). Спайность совершенная (раскалывание образца происходит с образованием гладких блестящих поверхностей). Спайность ясная (средняя): на обломках минерала наряду с неровными наблюдаются и гладкие блестящие поверхности. Спайность несовершенная (практически отсутствует): поверхности раскола неровные.

Трещины отдельности – результат внешних динамических воздействий. В отличие от спайности они не являются строго плоскими, обычно густо расположены в направлении, где нет спайности и ориентированы поперек удлинения минералов.

Излом проявляется при раскалывании минерала не по плоскостям спайности. Различают ровный, неровный, занозистый и раковистый изломы; иногда, при совершенной спайности, ступенчатый.

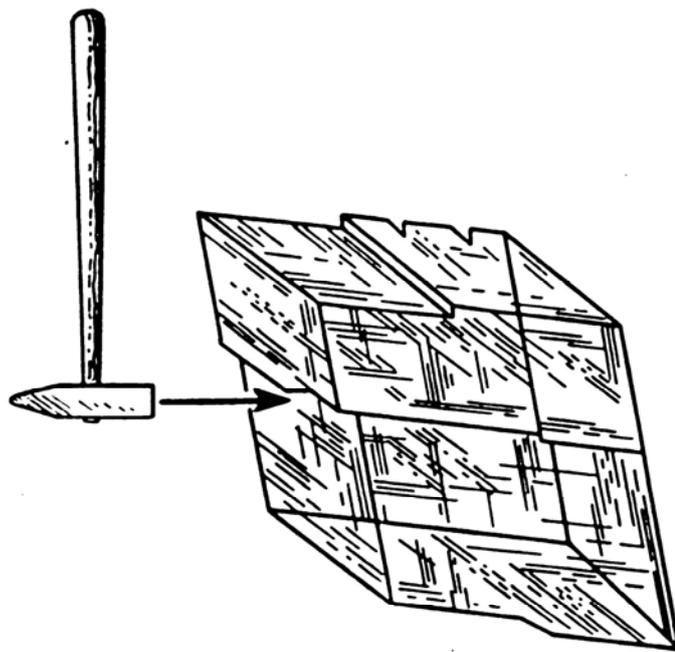
Удельный вес (у.в.), или **плотность** – это число, выражающее отношение веса вещества определенного объема к весу такого же объема воды при 4⁰С (так, минерал с у.в. 2 весит вдвое больше воды равного объема). Определяется в лабораторных условиях на специальном оборудовании. Но даже взвешивая минералы просто на ладони, можно примерно определить их удельные веса. Они колеблются в широких пределах – от значений меньше 1 до 23 – и зависят от химического состава и структуры минералов.

Условно по у.в. и плотности выделяют пять групп минералов:

1) легкие (у.в. до 2,5), плотность низкая; например, галит (2,2), гипс (2,3);



А



Б

Рис. 19. Некоторые свойства кристаллов:

А – дупреломление в кристалле исландского шпата; Б – спайность, совершенная в трех направлениях

2) средней тяжести и плотности (2,65 – 2,76): кварц (2,65), кальцит (2,7);

3) сравнительно тяжелые и плотные (2,61 – 4,8): оливин (3,3), циркон (до 4,8);

4) тяжелые, высокой плотности (5,2 – 7): магнетит, пирит (до 5,2), галенит (7);

5) очень тяжелые и очень плотные (более 10), самородные металлы: серебро (10,5), ртуть (13,6), золото (15,5 – 19,4), платина (21,5).

3.1.2. Оптические свойства

Оптические свойства включают светопреломление, светоотражение, светопоглощение, цвет, цвет черты или черту, блеск, иризацию, побежалость.

Светопреломление – это изменение направления светового луча при прохождении его через минерал. Обусловлено различными скоростями распространения света в воздухе и камне.

Блеск – свойство минерала отражать от своей поверхности свет. Чем больше показатель отражения света, тем блеск интенсивнее. При определении минералов блеск является очень важным диагностическим признаком. По блеску выделяют две большие группы: минералы с металлическим блеском и минералы с неметаллическим блеском.

Металлический блеск напоминает блеск поверхности свежего излома металла. Характерен для минералов металлических руд, отличающихся большим весом, непрозрачностью и обычно черной чертой (магнетит, галенит, пирит). **Металловидный** или **полуметаллический блеск** – более тусклый, как у потемневших от времени металлов, имеют темноокрашенные минералы (хромистый железняк, ильменит, бурый железняк, рутил, гематит).

У минералов с **неметаллическим блеском** по схожести с определенными эталонами различают: алмазный блеск (циркон, алмаз, сфалерит); стеклянный (кварц, шпинель, корунд, гранат); восковой (халцедон); шелковистый (гипс–селенит); перламутровый (слюды, тальк); жирный (кварц на изломе); матовый – блеска нет (каолинит). Около 70% природных соединений – это минералы со стеклянным блеском [7].

Светопоглощение – показатель поглощения минералом части светового луча. По его величине минералы делятся на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие (пропускают свет только в очень тонких пластинках) и непрозрачные.

Цвет минералов – возникает в результате того, что составляющие их атомы поглощают видимый свет полностью или в пределах определенных длин волн. Цвет является одним из важнейших диагностических признаков, но у большинства минералов не бывает постоянным и зависит от примесей. Один и тот же минерал может иметь разную окраску. Например, кварц, может быть от бесцветного прозрачного до черного непрозрачного, и по цвету выделяют многочисленные его разновидности. Постоянным цветом обладают магнетит (черный), лимонит (бурый, коричневым), малахит (зеленый) и некоторые другие.

Цвет черты, или черта – это истинный цвет тонкого порошка минерала в виде черты на белой неглазурованной фарфоровой пластинке, твердость которой, как у стекла – 5 баллов. Поэтому черту оставляют минералы с твердостью до 5. По сравнению с окраской самих камней цвет черты является более постоянным признаком и особенно важен для определения непрозрачных и полупрозрачных минералов.

Иризация – многоцветная игра минерала; обусловлена интерференцией света, отраженного от его поверхностных пленок или из глубины, от микровключений, микротрещин, плоскостей спайности и т. д. Поверхностная иризация характерна для рудных минералов – гематита, лимонита, сфалерита. Внутренняя иризация – для нерудных (лабродор и другие разновидности полевых шпатов) с игрой цвета от голубого до зеленого и желтого или до цвета павлиньего пера.

Побежалость – радужные цвета на поверхности минерала, возникшие в результате образования тонкой пленки окислов. Характерны для некоторых непрозрачных минералов, таких как халькопирит (малиново-желто-сине-зеленая пестрая побежалость).

3.2. Особые свойства

Двулучепреломление – свойство прозрачных минералов сдвигать изображение, находящееся под ними. Объясняется это тем, что естественный свет, проходя сквозь кристалл, распадается на два отклоняющихся луча. Они распространяются внутри минерала с разными скоростями и поляризуются. Наиболее ярко двулучепреломление наблюдается у прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. На рис. 19 А видно, что под кристаллом написанный текст удваивается.

Плеохроизм – свойство некоторых двулучепреломляющих минералов неодинаково поглощать лучи света в разных направлениях. В результате эти прозрачные цветные камни изменяют интенсивность окраски при поворачивании их в разные стороны. Например, у синего сапфира плеохроизм отчетливый – от темно-зеленого до зеленовато-желтого и желтого.

Астеризм – появление на поверхности минерала световых фигур в виде светлых пересекающихся полосок, напоминающих звездные лучи. Особенно эффектны они у обработанных в виде кабошонов и шаров рубина, сапфира, розового кварца.

Опалесценция – цветовые переливы в минерале, возникающие под действием падающего света, как у огненного и благородного опалов.

Люминесценция – холодное свечение (излучение минералом света), вызванное различными причинами – облучением, электротоком и т.д. Термин собирательный, включает в себя понятия о *флюоресценции* и *фосфоресценции*. Так, минералы, светящиеся в ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучах, называются *флюоресцирующими*. Если и после прекращения воздействия на них минералы продолжают светиться, их называют *фосфоресцирующими*. Люминесцируют, например, флюорит, кальцит, алмаз, фосфорит.

Шероховатость и жирность обнаруживаются при ощупывании или растирании между пальцами. Различают минералы «сухие», или «тощие», на ощупь (порошок их легко сдувается с рук) и «жирные», скользящие между пальцами (тальк, каолин).

Гигроскопичность – способность некоторых минералов поглощать влагу из воздуха. При этом нерастворимые минералы

липнут к языку и влажным губам (каолин), легкорастворимые иногда расплываются (карналлит).

Горючесть и плавкость – способность минералов плавиться или загораться от спички с проявлением характерного цвета пламени и запахов (самородная сера, янтарь).

Особое свойство минералов – издавать характерные **запахи** при горении, при ударе, высекании искр, при растирании в порошок, при трении друг о друга. Так, горящий янтарь издает ароматический запах. Запах сернистого газа ощущается при горении серы, при резком ударе по пириту, марказиту. Арсенопирит и самородный мышьяк при ударе или разломе издают чесночный запах. «Вонючий» плавиковый шпат – разновидность флюорита, пропитанная битуминозным веществом – при ударе неприятно пахнет. При трении конкреций фосфоритов появляется запах жженой кости. Каолин при смачивании водой пахнет печкой.

Магнитность – свойство минерала отклонять магнитную стрелку или самому в порошке притягиваться магнитом. Сильными магнитными свойствами обладают магнетит и пирротин. Они обладают полярным магнетизмом и называются ферромагнитными. Другие железосодержащие минералы – слабомагнитны. Их называют парамагнитными (ильменит, авгит и другие). Многие минералы проявляют магнитные свойства под воздействием электрического поля (пирит, халькопирит).

Электрические свойства обнаруживаются у некоторых минералов при трении их о шерстяную материю или кожу, после чего они притягивают мелкие кусочки бумаги (сера, янтарь).

Реакция с соляной кислотой. Характерна для минералов из класса карбонатов. При воздействии холодной разбавленной (10-процентной) соляной кислотой минерал кальцит, например, бурно вскипает и «шипит». Соляная кислота вытесняет угольную, которая разлагается на воду и углекислый газ, что и создает эффект вскипания и шипения.

Вкус определяет растворение минерала в воде. Вкусовые ощущения вызывают некоторые хорошо растворимые в воде минералы класса галоидов, сульфатов, карбонатов. Например, галит – соленый, сильвин, мирабилит – горько-соленые, природные квасцы – кислые, вяжущие.

Радиоактивность – способность к самопроизвольному α -, β - и γ -излучению всех минералов, содержащих в своем составе радиоактивные элементы уран или торий. В породе радиоактивные минералы обычно окружены красными или бурыми каемками. От их зерен в кварце, в полевых шпатах и в других минералах расходятся радиальные трещинки. Радиоактивность определяется по воздействию минерала на фотобумагу. С этой целью образец кладут на фотобумагу в упаковке в темной комнате и несколько часов выдерживают, а затем бумагу проявляют. Места сильного почернения фотобумаги указывают наличие минералов с ураном.

Скульптура граней кристаллов. Характерным свойством минерала, помогающим его определению, является штриховка на гранях. Она может быть поперечной параллельной, продольной параллельной (турмалин, эпидот), либо пересекающейся (магнетит). У кристаллов пирита штрихи одной грани расположены перпендикулярно к штрихам каждой соседней грани (рис. 16).

3.3. Особые методы изучения и определения минералов

Определение минералов по внешним признакам (макроскопический метод) – наиболее доступный и простой метод. Он не требует специальной аппаратуры и приборов. Существуют и более точные, но сложные методы изучения и определения минералов. К ним относятся следующие методы.

Микроскопический (или кристаллооптический) метод – исследование минералов *в шлифах и анишлифах* на поляризационных микроскопах в проходящем и отраженном свете. *Шлифы* – это тонкие (0,02 мм) срезы минералов или горных пород, наклеенные на предметное стекло и покрытые покровным стеклом. С их помощью изучают прозрачные минералы. *Анишлифы* (полированные шлифы) используются для изучения непрозрачных минералов в отраженном свете. Применяются также бинокулярные лупы или стереоскопические микроскопы (МБС) для исследования шлихов и образцов почв как в проходящем, так и в отраженном свете. *Шлихи* представляют собой концентраты из тяжелых минералов, получаемые в результате промывки рыхлых отложе-

ний. Световые микроскопы дают увеличение до 1 000 – 1 200 раз и позволяют видеть частицы размером 0,2 – 0,3 микрона.

Электронномикроскопический метод – изучение формы, особенностей строения и структуры тонкодисперсных (глинистых) минералов с размером частиц менее 0,005 мм (каолинит, монтмориллонит, палыгорскит и т.д.). В электронном микроскопе вместо видимого света для получения изображения используется поток ускоренных электронов. Обычно достигается увеличение в 200 тысяч раз, что соответствует разрешающей способности около 10 ангстрем ($1\text{Å} = 10^{-8}\text{ см}$). Этот метод будет успешнее в сочетании с другими исследованиями (см. ниже).

Рентгеноструктурный анализ применяется для исследования и определения кристаллических, скрытокристаллических и тонкодисперсных минералов в рентгеновских лучах. Рентгеновская съемка дает рентгенограммы исследуемого вещества, и они сравниваются с эталонными рентгенограммами известных минералов.

Электронуграфический метод используется для тонкодисперсных коллоидных масс и тончайших (в несколько миллимикрон) пленок минералов.

Термический анализ применяется для диагностики минералов, руд и горных пород.

Спектральный анализ применяется для определения в исследуемых образцах химических элементов. Каждый химический элемент при достаточном нагревании испускает лучи определенных длин волн, которые устанавливаются с помощью спектрографа. Он удобен благодаря своей точности и скорости диагностики на малом количестве исследуемого вещества.

Кристаллохимический анализ применяется для определения состава вещества и его внутреннего строения по внешним формам кристалла. На специальном приборе – гониометре (столлик Е. Федорова) измеряют углы между гранями кристалла, определяют сингонию и вид симметрии, а также состав минерала.

Метод паяльной трубки используется для быстрого качественного химического анализа минералов. Применяется для уточнения предварительных микроскопических определений минерала. Метод прост и доступен по своему применению. С помощью особой паяльной трубки вдувают воздух в пламя свечи, спиртовой или газовой горелки. Такое высокотемпературное пламя спо-

способно производить химические реакции окисления и восстановления. В нем испытывают минерал на прокаливание, сплавление с содой, бурой и другими реагентами. Происходящие при этом реакции позволяют судить о присутствии в минерале различных химических элементов; затем, с помощью специальных таблиц-определителей производят диагностику неизвестного минерала.

При достаточном времени и оборудовании метод удобен для проведения занятий на спецкурсах и в кружках со студентами и школьниками. Поэтому остановимся на нем несколько подробнее, используя материалы разных авторов [19, 24, 34, 37].

Плавление в пламени паяльной трубки

Паяльная трубка обычно состоит из конусовидной трубки с наконечником, через тонкое отверстие которого может с силой выходить струя воздуха. Сверху в нее вставляется мундштук для вдвухания воздуха. Наконечник помещается в пламя, богатое углеродом (от свечи или бытового газа). Если поток воздуха направить в пламя, то сгорание происходит более быстро и полно, с образованием очень горячего пламени. Пламя паяльной трубки должно быть неярким, узким, остроконечным и четко очерченным, ровным и непрерывным до окончания испытания. Для этого потребуется некоторая практика. Более удобны целиковые, чем двух- и трехсекционные паяльные трубки. Устройство паяльной трубки и приемы работы с ней отражены на рис. 20 [34, 37].

Самая горячая (до 1 500° С) часть пламени паяльной трубки находится сразу за его видимой частью, но температура изменяется в зависимости от типа газа и смеси газа и воздуха. Для испытания минерала маленький его осколок с помощью пинцета помещается в самую горячую часть пламени. При этом он может расплавиться полностью или частично, свидетельствуя о своей плавкости. Плавкость минералов может быть определена приблизительно, так как большинство минералов настолько тугоплавки, что все данные относительно и не выйдут за пределы температуры паяльной трубки.

Минералы способны плавиться по-разному: одни плавятся спокойно, другие вспучиваются и пенятся (цеолиты и водосодержащие), у некоторых образуется компактный шарик или пузырчатый шлак. Осколки трудноплавких минералов округляются только на углах. У железосодержащих минералов продукт плавления приобретает магнитные свойства.

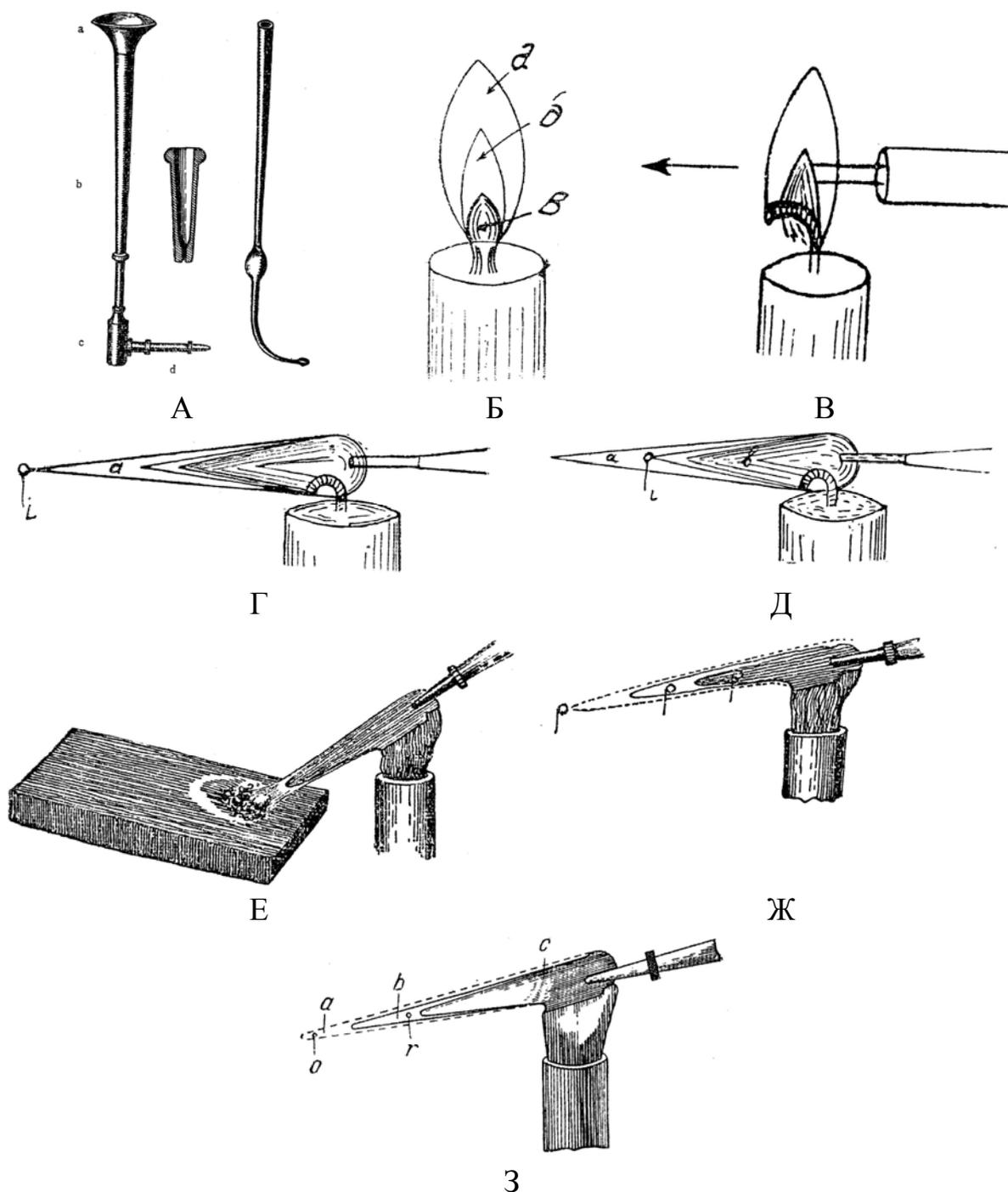


Рис. 20. Работа с паяльной трубкой:

- А. Паяльная трубка: а – мундштук; б – трубка; с – барабан; d – наконечник.
 Б – В. Пламя свечи: а – окислительное (синеватое);
 б) восстановительное (яркое); в – темное (мало O_2).
 Г – Д: а – окислительное пламя; i – положение образца.
 Е. Прокаливание на угле. Ж. Слева направо: перл буры в окислительном
 пламени, в самом горячем месте, и в восстановительном пламени.
 3. Пламя паяльной трубки: а – окислительное, б – восстановительное;
 с – несгоревший газ, о и г указывают положение образца соответственно
 в окислительном и восстановительном пламени

По плавкости можно разделить минералы на плавкие и неплавкие. Далее плавкие минералы можно классифицировать по легкости их плавления на легко-, средне- и тугоплавкие. С некоторыми из них можно познакомиться по таблице 4 [34].

В шкале плавкости Федоровского [34, с. 47] приводятся данные Бунзена и Дельтера о цвете каления и, соответственно, температуре плавления ряда минералов: 1) ниже красного каления – свинец (322°); 2) начинающееся красное каление – сурьма (450°); 3) красное каление – алюминий (600°), каменная соль, галит (776°); 4) начинающееся белое каление – серебро (960°); 5) белое каление и 6) лучистое белое каление – медь ($1\ 100^{\circ}$); 7) лучистое белое каление – никель ($1\ 450^{\circ}$).

Окрашивание в пламени

При нагревании минералов некоторые элементы могут улетучиваться и придавать характерную окраску пламени. Ряд элементов окрашивают пламя в обычных условиях при первом погружении минерала, иные – после обработки кислотой. Для этого обломок минерала надо смочить каплей разбавленной соляной кислоты, а затем прокалить. В краевую часть окислительного (несветящегося) пламени газовой горелки помещают пинцетом минерал в 1 см от основания пламени. При этом пламя окрашивается выше обломка минерала. Окрашивание пламени часто маскируется наличием постороннего натриевого пламени желтого цвета. Поэтому при наблюдении пользуются фильтром из голубого (кобальтового) стекла, поглощающим желтый цвет, или предотвращают загрязнение образца.

Паяльную трубку используют при наличии спиртовки, у которой пламя восстановительное (светящееся), чтобы получить окислительное пламя. Для этого паяльной трубкой выдуваем из пламени спиртовки окислительный язык и в него на $1/3$ расстояния от основного пламени помещаем снизу обломок минерала. Окрашивание возникает в язычке пламени паяльной трубки, в промежутке от минерала до острия пламени. Натрий, как уже отмечалось, дает желтую окраску. Он присутствует вместе с калием в полевых шпатах, но калий окрашивает пламя в фиолетовый цвет, и, чтобы его обнаружить, потребуется голубой фильтр. Кальций дает кирпично-красный цвет пламени, литий – карминово-красный, медь – травяно-зеленый или голубой.

Сравнительная шкала плавкости минералов-эталонов

№	Минерал	Точка плавления, °С	Примечания
1	Антимонит (стибнит, сурьмяный блеск) Sb_2S_3	525	Очень легко плавится в пламени свечи и горелки Бунзена*, превращаясь в шарик
2	Халькопирит $CuFeS_2$. Натролит (содовый камень)	800	Легко плавится в пламени бунзеновской горелки с образованием шарика
3	Гранат (алемандин) $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	1 050	Неплавкий в пламени бунзеновской горелки, но легко плавится в пламени паяльной трубки, с трудом образуя шарик
4	Актинолит (лучистый камень)	1 200	Тонкий остроконечный осколок плавится затруднительно в пламени паяльной трубки с образованием шарика
5	Ортоклаз Адуляр $K[AlSi_3O_8]$	1 300	Ребра обломков с трудом округляются в пламени паяльной трубки, оплавляется только в тонких осколках
6	Бронзит (пироксен) $(Mg,Fe)_2[Si_2O_6]$	1 400	Не плавится в пламени паяльной трубки, округляются лишь самые тонкие концы
7	Кварц SiO_2	1 710	Не плавится в пламени паяльной трубки

* В бунзеновской горелке установлена внутренняя трубка для отсекаания подачи воздуха у основания и получения яркого пламени. Верхний конец трубки уплощен и срезан под углом. Газовое пламя регулируется на высоту около 2,5 см. На горелке Бунзена можно по желанию регулировать пламя, получая то окислительное (несветящееся), то восстановительное (светящееся), которое на 200°С холоднее окислительного.

Окислительное пламя получается при открытии отверстия для подачи воздуха в низу горелки. Оно используется для определения окрашивания пламени, для прокаливания в колбочке, для растворения в пробирке, а также для работы со стеклом. *Восстановительное пламя* используется при работе с паяльной трубкой и для восстановления руд.

Если нет газовой горелки, можно обойтись *спиртовкой*, но пламя спиртовки хоть и бесцветно, не имеет температуры окислительного пламени. Для получения окислительного и восстановительного пламени добавляют в спирт несколько капель керосина. Пламя становится светящимся. Окислительное пламя на спиртовке затем получают с помощью паяльной трубки.

Окраска окислительного пламени атомов некоторых элементов минералов приведена в таблице 5.

Таблица 5

Окраска окислительного пламени атомов

Символ элемента	Международное название элемента	Русское название элемента	Окраска окислительного пламени	Примечания
As	Арсениум	Мышьяк	Чисто-синяя	Многие борные минералы дают пламя только после их разрушения серной кислотой или «борным флюсом»
B	Борум	Бор	Сине-зеленая	
Ba	Барий	Барий	Желто-зеленая	Силикаты и фосфаты не дают барийного пламени
Ca	Кальций	Кальций	От оранжевой до кирпично-красной	Обычно цвет обнаруживается после смачивания образца в соляной кислоте
Cu	Купрум	Медь	Зеленая, изумрудно-зеленая Голубая, лазурно-голубая	Получается от окиси меди после смачивания в азотной кислоте
K	Калиум	Калий	Фиолетовая	Получается от хлорида меди после смачивания в соляной кислоте
Li	Литиум	Литий	Карминно-красная	Необходимо наблюдать через синее кобальтовое стекло
Mo	Молибденум	Молибден	Желто-зеленая	
Na	Натриум	Натрий	Интенсивно-желтая	Очень капризная реакция. Нужно сильное устойчивое пламя
P	Фосфорус	Фосфор	Густо-зеленая	
Cl	Хлорус	Хлор	Лазурно-голубая (медно-хлоридная)	Можно хлорсодержащий минерал смешать с окисью меди и ввести в пламя
Pb	Плюмбум	Свинец	Синяя, бледно-голубого тона	Пламя окрашено в зеленый цвет в наружных частях
Sb	Стибиум	Сурьма	Светло-зеленая	Сопровождается характерным запахом
Se	Селенум	Селен	Васильково-голубая	

Sr	Стронци- ум	Стронций	Малиново- красная	
Te	Теллури- ум	Теллур	Сине-зеленая	Минералы стронция дают также щелочной остаток после нагрева
Tl	Таллий	Таллий	Зеленая	Имеет бледный оттенок

Проба с перлами (флюсами) буры и фосфорной соли

Перл – окрашенные стекла буры или фосфорной соли, которые получают при анализе минерала с помощью паяльной трубки. Окраской стекла устанавливаются элементы, входящие в состав минерала: кобальт – синий перл, хром – изумрудно-зеленый, железо – зеленый и т.д.

Для начала работ лучше всего брать минерал, содержащий марганец (родонит, пиролюзит). Марганец окрашивает цвет буры в окислительном пламени в фиолетовый цвет. В восстановительном пламени этот перл обесцвечивается.

Для получения перлов необходимы: платиновая проволочка (диаметром 0,2 мм, длиной 6 см), вплавленная в стеклянную палочку; бора (тетраборат натрия – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$); фосфорная соль (водный фосфат аммония и натрия – $\text{NH}_4\text{NaPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); поднос металлический из оцинкованной жести (расплавленные перлы опадают с проволочки).

Порядок работы:

1. Очистка проволочки соляной кислотой и прокаливанием в окислительном пламени с тем, чтобы проволочка не окрашивала пламя.

2. Изготовление перла. Концом проволочки, раскаленным в окислительном пламени, быстро возьмем немного буры или фосфорной соли (эти реактивы заранее должны быть выложены на часовое или предметное стекло). Внесем его в пламя, но так как при нагревании перл движется в сторону от пламени, то прокаливаем его попеременно то с одного, то с другого края пламени. Вначале бора вспучивается, затем спокойно плавится и превращается в бесцветное прозрачное стекло. Добавляем реактив на проволочку и наращиваем перл до диаметра 1,5 – 2 мм.

3. Проведение испытания. Маленькую пробу минерала истираем в порошок и кладем на стекло. Быстро, но осторожно прикасаемся к нему расплавленным перлом, набирая исследуемый образец в минимальном количестве (зернышко), затем вносим его в окислительное пламя. Образец в перле расплавляется и окрашивает его.

Перл можно получить и при прокаливании на древесном угле. В ямку на угле кладется порошок буры с малым количеством порошка минерала, и затем смесь прокаливается в окислительном или восстановительном пламени, пока не расплавится и не превратится в перл.

Для ускорения и облегчения реакции порошок минерала смешивается с тройным количеством соды. При этом наблюдается:

- а) налет на угле;
- б) налет на угле и выплавленный шарик металла (королек);
- в) один королек без налета;
- г) королек не выплавляется, но получается окрашенный шлак.

Уголь желательно брать березовый. Ямку делать неглубокую, плоскую в 1 см от края угля (рис. 20, Е). Подробнее порядок исследования описан в специальной литературе [24, 34].

Присутствие металлов по цвету перлов буры можно определить по таблице 6.

Перлы фосфорной соли готовятся так же, как и перлы буры, но фосфорная соль при нагревании сильно вскипает и может соскочить с проволоочки – держателя, поэтому работа с ней требует большой осторожности. Цвет перлов при этом несколько отличается от перлов буры, особенно в восстановительном пламени. Например, хром окрашивает перлы фосфорной соли в красный, изумрудно-зеленый и в темно-зеленый цвет. Уран – в желтый, зелено-желтый, зеленый, изумрудно-зеленый. Вольфрам в окислительном пламени дает такой же цвет, как и в перлах с бурой, а в восстановительном – грязно-зеленый и синий.

Таблица 6

Определение присутствия металлов по цвету перлов буры

Элемент	Цвет перла в окислительном пламени		Цвет перла в восстановительном пламени	
	В горячем виде	После охлаждения	В горячем виде	После охлаждения
Хром Cr	От желтого до темно-красного	От желто-зеленого до зеленого	Изумрудно-зеленый	Изумрудно-зеленый
Кобальт Co	Темно-синий	Темно-синий	Темно-синий	Темно-синий
Медь Cu	От зеленого до темно-зеленого	От голубого до зеленовато-голубого	От бесцветного до зеленого	Непрозрачный красный
Железо Fe	От желтого до красного	От бесцветного до желтого	Светлый буро-зеленый	Буро-зеленый
Марганец Mn	Фиолетовый	От красно-фиолетового до черного	Бесцветный	От бесцветного до светло-желтого
Молибден Mo	От желтого до темно-красного	Бесцветный	От желтого до коричневого	От коричневого до темно-коричневого

Никель Ni	Красно-фиолетовый	Красно-бурый	Бесцветный	От серого до цвета окарины
Титан Ti	От бесцветного до желтого	Бесцветный	От бесцветного до желтого	Желто-коричневый
Уран U	От желтого до красного	От бесцветного до желтого	Темно-зеленый	Темно-зеленый
Ванадий V	От бесцветного до светло-желтого	Зеленовато-желтый	Светло-бурый	Зеленый
Вольфрам W	От бесцветного до желтого	Бесцветный	От бесцветного до желтого	Желто-коричневый

Получение металлического королька

Королек – выплавленный металл, полученный в результате сплавления руды с водой и другими флюсами при помощи паяльной трубки. Получают корольки золота, серебра, меди, свинца, стронция.

Из многих минералов, содержащих тяжелые металлы, можно выплавить на угле шарик металлического стекла – королек. Из некоторых минералов невозможно извлечь металл с помощью паяльной трубки. Тогда их можно восстановить просто нагреванием на угле, а другие, – используя флюс. Для восстановления металлов и получения окисных налетов на поверхности берется пластинка древесного угля размером 10 x 2,5 x 1 см (рис. 20, Е). Хорошим флюсом для большинства восстановлений служит смесь карбоната натрия и древесного угля в равных пропорциях (*восстановительная смесь*). При использовании такого флюса его следует смешать с минералом в пропорции 2 : 1.

Обычно порошок минерала смешивается с тройным количеством соды. Щепотка смеси кладется в ямку на угле и обрабатывается восстановительным пламенем. Если смесь не держится в ямке, а распыляется от пламени, можно смочить ее водой, превратив в тестообразную массу. Вначале масса сплавляется в сплошной шлак, который постепенно округляется, уменьшается в размере, и в нем появляется блестящий шарик металла – королек [34, 37].

Таблица 7

Свойства корольков

Металл	Цвет и характер королька	Примечания
Свинец	Серый (холодный), серебристо-белый (горячий). Ковкий	Дает зелено-желтый налет. При долгом дутье улетучивается. Мягкий, плавкий. Блестящий в восстановительном пламени, радужный – в окислительном

Олово	Белый. Ковкий. Мягкий. Тускнеет при охлаждении	Ясно различного налета не дает, лишь белый налет окисной пленки. Корольки образуются с трудом
Сурьма	Белый. Хрупкий	Белый налет. Нагретый до красного каления королек светится, выделяя белый дым
Висмут	Красновато-белый. Ковкий	Налет лимонно-желтый
Медь	Красный, мягкий, плавится с трудом. Поверхность чернеет при охлаждении. Ковкий	Налета не дает. Медные минералы перед смешиванием с восстановительной смесью прокаливаются для удаления S, As, Sb
Серебро	Серебряно-белый, мягкий, без налетов остается блестящим. Ковкий	Налета не дает. Обычно используется восстановительная смесь
Золото	Желтый блестящий	Не окисляется
Серебро и свинец	Белый. Ковкий	Налет свинца. Частью улетучивается при долгом дутье. Остается маленький королек серебра, не дающий налета

Свободный от шлака королек пробуют на ковкость, на получение налета на угле, на окрашивание пламени. Легче всего выплавляется королек свинца из галенита. Труднее – королек меди (из малахита).

Легкоплавкие металлические стекла часто получают при нагревании металлических соединений, содержащих серу, сурьму или мышьяк. Они обычно хрупкие и магнитные. Магнитные массы или корольки получают, когда соединения железа, никеля и кобальта нагреваются на древесном угле.

Марганцевые и хромовые минералы не дают на угле королька, но, смешанные в равных количествах с содой и селитрой, образуют окрашенные *шлаки*. Так, при сплавлении марганцовых соединений с содой и селитрой получается зеленый шлак, хромовых – желтый.

Химический анализ – трудоемкий метод исследования. Отбирается совершенно чистый минерал, без примесей. Он подвергается спектральному анализу. После проведения полного химического анализа получают данные о химических элементах. Весовые проценты пересчитывают на атомные (молекулярные) количества и затем выводят химическую формулу минерала.

Глава 4. Определение минералов

4.1. Как пользоваться определителем

Определитель состоит из схемы определения, описательной части и указателя минералов с кратким объяснением их названий. Он построен по типу шведского скобочного ключа и включает в себя двадцать основных позиций, обозначенных римскими цифрами. Рядом с ними в скобках обязательно указаны исходные позиции, на которые можно вернуться в случае ошибки при определении минерала. В основных позициях отражены три главные характеристики минерала: блеск, твердость, черта.

Арабскими буквами обозначены пункты, в которых эти характеристики либо уточняются, либо дополняются новыми (плотность, вес, спайность, излом). Порядковый номер самих минералов обозначен арабскими цифрами. Многоточия в каждой основной позиции ключа отправляют на новую позицию или номер искомого минерала, который отражен и в описательной части.

Описание минералов начинается с наиболее ярких индивидуальных особенностей: в одних случаях с типичных свойств, в других – с характерной морфологии.

Рассмотрим примеры определения минералов

Пример 1.

В наших руках кристалл латунно-желтого цвета с металлическим блеском. В ключе есть две позиции по блескам.

I. Блеск минерала от металлического яркого до полуметаллического тусклого..... **III.**

II. Блеск минерала неметаллический..... **VI.**

Выбираем позицию **I**, которая посылает нас на позицию **III**. В ней два пункта: **а** – минералы мягкие и средней твердости (1 – 5,5), **б** – минералы твердые (5,5 – 7). Определяем твердость. Минерал оставляет заметную царапину на стекле, твердость которого 5 баллов. Следовательно, твердость нашего минерала соответствует пункту **б**. Он отправляет нас на позицию **V (III б) а**. «Черта черная. Минералы плотные, тяжелые» номера с **13** по **17**.

Определяем цвет черты нашего минерала на белой фарфоровой пластинке и убеждаемся, что черта черная. По весу минерал сравнительно тяжелый. Остальные свойства сверяем с описаниями минералов под номерами **13 – 17**. Наиболее подходит описание минерала под номером **14**. Это *пирит*.

Пример 2.

Минерал имеет неметаллический блеск и черный цвет. Выбираем позицию **II**. Блеск минералов неметаллический **VI**.

В позиции **VI** дана твердость минералов по четырем пунктам:

- а.** Минералы мягкие (до 3 баллов).
- б.** Минералы средней твердости (до 5 баллов).
- в.** Минералы твердые (5 – 7 баллов).
- г.** Минералы очень твердые (более 7 баллов).

Так же, как в первом примере, определяем, что твердость нашего минерала соответствует пункту **в**. Этот пункт отсылает нас на позицию **IX**, состоящую из трех пунктов по блеску минерала. Из них определяемому минералу соответствует пункт **в** – «блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, в массе шелковистый» **XX**. Здесь выясняется, что наш минерал имеет бледно-серую черту и занозистый излом (пункт **а**). Такими же свойствами обладают шесть минералов под номерами **64 – 69**, особые свойства которых даны в описательной части определителя. По удлинённому облику кристаллов в агрегатах и черному цвету узнаем *роговую обманку*, описанную под номером **65**.

В определителе в виде ключа дано описание 82 минералов, из которых 21 минерал с металлическим блеском, 61 минерал с неметаллическим блеском и свыше 100 их разновидностей. Всего в указателе минералов приводится 195 наименований. Многие из них знакомы нам по школьной программе, изучаются в вузах естественно-научного направления или представляют интерес для любителей камня – коллекционеров, ювелиров, краеведов и т.д. В верхневолжском регионе известно более 35 минералов. В определителе они отмечены звездочкой (*).

4.2. Ключ к определению минералов

По блеску

I. Блеск минералов на свежем изломе от металлического яркого в кристаллах, до полуметаллического тусклого и матового в скрытокристаллических, тонкопористых и порошковатых разностяхIII

II. Блеск минералов на свежем изломе неметаллический.....VI

По твердости

III (I)..... а – б

а. Минералы мягкие и средней твердости (1 – 5,5)IV

б. Минералы твердые (5,5 – 7).....V

Минералы с металлическим и полуметаллическим блеском

По черте

IV (III-а)..... а-б-в-г-д-е

а. Черта стально- и свинцово-серая, блестящая, серебристо-черная, черная; минералы тяжелые и очень тяжелые.....1 – 5
(1 – галенит; 2 – аргентит; 3 – антимонит; 4 – железо; 5 – пирротин)

б. Черта черная с вишневым оттенком.....6
(гематит или железный блеск).

в. Черта черная с зеленоватым оттенком.....7 – 8
(7 – халькопирит; 8 – пентландит).

г. Черта медно-красная, блестящая.....9
(медь самородная).

д. Черта золотисто-желтая, металлически блестящая.....10
(золото самородное).

е. Черта серебряно-белая, белая, металлически блестящая..11 – 12
(11 – платина самородная; 12 – серебро самородное)

V (III б) а. Черта черная, минералы плотные, тяжелые 13 – 17
(13 – магнетит; 14 – пирит*; 15 – марказит; 16 – пиролюзит; 17 – ильменит).

Минералы с неметаллическим блеском

По твердости

VI (II) а. Минералы мягкие (до 3)	VII
б. Минералы средней твердости (до 5)	VIII
в. Минералы твердые (5 – 7)	IX
г. Минералы очень твердые (более 7)	X

По блеску

VII (VI а) а. Блеск матовый, тусклый или отсутствует	XI
б. Блеск восковой, жирный, перламутровый, алмазный.....	XII
в. Блеск стеклянный, перламутровый, шелковистый	XIII
VIII (VI б) а. Блеск восковой, шелковистый	XIV
б. Блеск тусклый, матовый, реже стеклянный	XV
в. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, на изломе жирный, от выветривания – матовый.....	XVI
г. Блеск обычно алмазный	XVII
IX (VI в) а. Блеск жирноватый, восковой, тусклый	XVIII
б. Блеск стеклянный, на изломе жирный	XIX
в. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, в массе шелковистый, от выветривания – матовый	X
X (VI г). Блеск стеклянный, иногда до алмазного	XXI

По черте

XI (VII а) а. Черта белая, желтоватая, зеленоватая, розовато- бурая	18 – 22
<i>(18 – каолинит; 19 – доломит* ; 20 – глауконит* ; 21 – вивианит* ; 22 – боксит*).</i>	
XII (VII б).....	а-б
а. Черта белая, зеленоватая, желтоватая, лимонно- и оранжево- желтая.....	23 – 29
<i>(23 – тальк; 24 – хлорит* ; 25 – серпентин; 26 – сера самородная; 27 – аурипигмент; 28 – астрофиллит; 29 – реальгар).</i>	
б. Черта черная, серовато-черная, блестящая	30 (графит*).

XIII (VII в). Черта белая со слабыми оттенками или черты нет 31 – 38
(31 – *галит*; 32 – *сильвин*; 33 – *карналлит*; 34 – *мирабилит*; 35 – *гипс**; 36 – *янтарь*; 37 – *слюды**; 38 – *асбест*).

XIV (VIII а) Черта бледно-зеленая, голубая до синей 39 – 40
(39 – *малахит*; 40 – *азурит*).

XV (VIII б). а – б – в
а. Черта сероватая, серовато-бурая 41 – 42
(41 – *фосфорит**; 42 – *сидерит**).

б. Черта темно-, ржаво- и желто-бурая до охряно-желтой 43
(*лимонит**).

в. Черта темно-вишневая, вишнево-красная 44
(*гематит* или *красный железняк**).

XVI (VIII в) а. Черта белая 45 – 51
(45 – *кальцит**; 46 – *арагонит*; 47 – *жемчуг*; 48 – *магнезит*; 49 – *флюорит*; 50 – *ангидрит*; 51 – *барит*).

XVII (VIII г). а – б
а. Черта темно-коричневая и желто-бурая, бледно-желтая, иногда белая 52 (*сфалерит*).

б. Черта кроваво- или карминно-красная 53 (*киноварь*).

XVIII (IX а) Черты не дают, излом обычно раковистый ... 54 – 58
(54 – *халцедон**; 55 – *кремень**; 56 – *яшма*; 57 – *бирюза*; 58 – *опал*).

XIX (IX б). Черты не дают, излом раковистый или довольно неровный 59 – 63
(59 – *кварц**; 60 – *оливин**; 61 – *нефелин*; 62 – *лазурит*; 63 – *апатит**).

XX (IX в). Черты не дают или черта бледно-серая а – б
а. Излом занозистый, спайность бывает совершенной 64 – 69
(64 – *авгит**; 65 – *роговая обманка**; 66 – *эгирин*; 67 – *актинолит**; 68 – *нефрит*; 69 – *чароит*).

б. Спайность совершенная или почти совершенная 70 – 73
(70 – *полевые шпаты**; 71 – *родонит*; 72 – *эвдиалит*; 73 – *эпидот*).

- XXI (X) Черты не даюта – б**
а. Излом неровный или раковистый, спайность отсутствует **74 – 81**
(74 – турмалин; 75 – ставролит* ; 76 – гранат; 77 – берилл; 78 – шпинель; 79 – топаз; 80 – хризоберилл; 81 – корунд)
б. Спайность совершенная.....**82 (алмаз).**

4.3. Описание минералов

1. Цвет свинцово-серый, почти черный. Твердость 2,5 – 3. Пишет или пачкает на бумаге. Очень тяжелый. Спайность совершенная, излом ступенчатый. Зернисто-кристаллические массы с ярким металлическим блеском **ГАЛЕНИТ (PbS , свинцовый блеск).**

2. По цвету, весу и твердости минерал похож на галенит. Отсутствие спайности, матово-черная до бурой побежалости, металлически блестящая черта; ковкость и гибкость. Хорошо строгаются и режутся ножом **АРГЕНТИТ (Ag_2S , серебряный блеск).**

3. Минерал, похожий на галенит. Отличается почти вдвое меньшим удельным весом. Встречается в виде удлинённых, а не кубических кристаллов, образующих агрегаты с радужной или синеватой побежалостью. Характерна вертикальная штриховка, при чирканье вдоль которой зажигаются спички. Твердость 2. Хрупкий **АНТИМОНИТ (Sb_2S_3 , сурьмяный блеск, стибнит).**

4. Цвет на свежем изломе стально-серый, окисляется на воздухе до ржаво-бурого. Твердость 4 – 5. Черта серо-черная. Тяжелый, ковкий, магнитен (в порошке). Излом занозистый. Сплошные массы, желвачки, мелкие зерна и пылеватые частицы в породах, дендриты, иногда самородки..... **ЖЕЛЕЗО (Fe , самородное).**

5. Цвет темный, бронзово-желтый, иногда коричневатый, с бурой побежалостью. Твердость 4. Хрупкий. Черта черная. Магнитен (отклоняет стрелку компаса) **ПИРРОТИН (FeS , магнитный колчедан).**

6. Цвет стально-серый – железно-черный. Твердость 5,5 – 6,5. Черта черная с вишневым оттенком при растушевке. Излом неровный. Обычен в виде зернисто-кристаллических агрегатов, кристаллов и их сростков **ГЕМАТИТ (Fe_2O_3 , железный блеск).**

7. Цвет зеленовато-серый, желтовато-зеленоватый с радужно-пестрой, темно-желтой или черной побежалостью. Твердость 3,5 – 4. Черта зеленовато-черная. Излом раковистый, неровный. Зернисто-кристаллические массы **ХАЛЬКОПИРИТ** ($CuFeS_2$, *медный колчедан*).

8. Цвет от светло-бронзово-желтого до темно-латунного. Спайность совершенная. Блеск имеет сильный металлический, без побежалости. Твердость 3,5 – 4. В остальном похож на халькопирит **ПЕНТЛАНДИТ** ($(Fe,Ni)_9S_8$, *железо-никелевый колчедан*).

9. Цвет на свежем сколе светло-красный, но быстро темнеет. Обычна бурая или матовая побежалость. Черта медно-красная, блестящая. Твердость 2,5 – 3. Ковкий, сплющивается при ударе, режется ножом. Сплошные массы, дендриты, проволокоподобные, нередко скрученные образования **МЕДЬ** (*Cu, самородная*).

10. Цвет светящийся, от яркого золотисто-желтого до красновато-золотистого и почти серебряно-белого. Твердость 2,5 – 3. Черта золотисто-желтая до светло-желтой. Тяжелый, ковкий, спайности нет. Вкрапленники, дендриты, зерна, листочки, чешуйки, трубчатые и нитевидные формы, желваки **ЗОЛОТО** (*Au, самородное*).

Разновидности: *электрум* – содержит 15-50% серебра; *купроаурит*, или медистое золото – содержит до 20% меди, похож на медный колчедан.

11. Цвет серебряно-белый, стально-серый. Твердость 4 – 4,5. Тяжелый. Похож на галенит, но не обладает его спайностью и дает иную черту. Обычны мелкая вкрапленность в темноокрашенных магматических породах, а также зернышки, чешуйки, самородки. Ковкий, тягучий **ПЛАТИНА** (*Pt, самородная*).

12. Цвет серебряно-белый, нередко с желтой, коричневой или черной побежалостью. Твердость 2,5 – 3. Излом раковистый. Пластичен, гибок, ковкий. Листочки, нитевидные и локонообразные формы, дендриты, иногда налеты и самородки **СЕРЕБРО** (*Ag, самородное*).

13. Цвет стально-серый, железно-черный, иногда с синей побежалостью. Сильно магнитен (заметно отклоняет стрелку компаса). Твердость 5,5. Черта черная. Кристаллы, сростки, сплошные зернисто-

кристаллические массы, а также плотные и сливные агрегаты, вкрапленники **МАГНЕТИТ** (Fe_3O_4 , *магнитный железняк*).

14. Цвет от бледного соломенно- и латунно-желтого, золотистого до серовато-желтоватого в зернисто-кристаллических массах. При химическом выветривании темнеет. Рашпиль высекает искру с запахом серы. Твердость до 6 – 6,5. На стекле оставляет царапину. Черта черная до зеленовато-серой. Кристаллы со штриховкой на гранях, друзы, щетки, жеоды, конкреции, псевдоморфозы, вкрапленники, зернистые массы **ПИРИТ** (FeS_2 , *серный или железный колчедан*).

15. Цвет и черта светлее, чем у пирита. На поверхности часто имеет пеструю побежалость. Твердость 6. Черта черная. Таблитчатые или короткостолбчатые кристаллы минерала обычно образуют характерные гребенчатые сростки ("розы"). В остальном сходен с пиритом **МАРКАЗИТ** (FeS_2 , *лучистый колчедан*).

16. Цвет стально-серый до черного. Нередко встречается в виде дендритов, похожих на отпечатки растений, а также землистых, сажистых, сплошных кристаллических и скрытокристаллических масс, оолитов, корок, конкреций. В землистых массах минерал матовый, небольшой твердости (1-2) ... **ПИРОЛЮЗИТ** (MnO_2 , *двуокись марганца*).

17. По внешним признакам сходен с пиролюзитом, но встречается в виде вкрапленников таблитчатых или пластинчатых кристаллов, а также в сплошных плотных и зернисто-кристаллических массах. Блеск имеет полуметаллический, жирный. Твердость 6. Черта черная, иногда красно-бурая. Излом раковистый. Бывает слабо магнитен **ИЛЬМЕНИТ** ($Fe TiO_3$, *титанистый железняк*).

18. Цвет белый, слегка желтоватый, сероватый. Излом землистый. Спайность весьма совершенная (жирен на ощупь). Твердость 1. Гигроскопичен, тонкодисперсен (на зубах не скрипит). Плотные и рыхлые землистые массы **КАОЛИНИТ** ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, *водный алюмосиликат*).

19. Цвет обычно бледно-желтый, яично-желтый, блеска нет (мучнистые и землистые массы), а также белый, серый, зеленоватый, черный (кристаллические разновидности со стеклянным, иногда перламутровым блеском). Твердость от 1 до 3,5 – 4. В порошке слабо вскипает при воздействии соляной кислотой **ДОЛОМИТ** ($CaMg[CO_3]_2$, *горький шпат, карбонат кальция и магния*).

20. Цвет от тускло-зеленого до зеленовато-черного («болотный»). Обычен в виде мелких желвачков и зернышек, рассеянных в землянистых массах (песках, песчаниках, глинах), которые придают им характерную окраску. Твердость 2 – 3. Блеск стеклянный, жирный, матовый **ГЛАУКОНИТ** (*гидроалюмосиликат калия, железа и магния*).

21. Минерал обычен в виде голубовато- или зеленовато-серых масс и пятнистых выцветов в сухом торфе. В свежем виде светлых оттенков и даже бесцветен, прозрачен, сливается с торфом. На воздухе частично окисляется и становится серовато-синим, серовато-зеленым, темно-синим до черного. Черта зависит от цвета. Кристаллы редки (призматического, шестоватого игольчатого облика со стеклянным и перламутровым блеском). Твердость 1,5 – 2 **ВИВИАНИТ** ($Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, *водный фосфат железа, синяя железная земля, голубая болотная руда*).

22. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, беловато-розоватый до белого, реже зеленый, черный. Черта бледнее цвета. Излом землистый. На ощупь сухой (тощий). Сплошные плотные и рыхлые глинистые, землистые и оолитовые массы. Твердость 1 – 4. Блеск тусклый **БОКСИТ** ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$, *гидрооксид алюминия*).

23. Цвет белый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый. Блеск жирный, на плоскостях спайности перламутровый. Спайность весьма совершенная. Жирен на ощупь. Мягкий, но тверже каолинита (царапается ногтем). Обычен в виде сплошных, плотных, нередко сланцеватых масс, кристаллических или чешуйчато-листоватых агрегатов..... **ТАЛЬК** ($Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$, *гидросиликат магния*).

24. Минерал, похожий на тальк. Отличается характерным стеклянным и жирноватым блеском, зеленым до темно-зеленого цветом и несколько большей твердостью (до 2,5), ногтем не царапается..... **ХЛОРИТ** (*гидроалюмосиликат железа и марганца*).

25. Цвет как у хлорита, а также встречается буровато-зеленый, пятнистый. Блеск тусклый, жирный, восковой, шелковистый. Излом землистый, занозистый. Обычен в виде плотных масс, нередко с прожилками асбеста (отсюда напоминает кожу змеи). Твердость 2,5 – 3..... **СЕРПЕНТИН** ($Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ *змеевик*).

26. Цвет соломенно-желтый до бурого, иногда серый до черного. Блеск в изломе жирный, смолистый, на гранях кристаллов алмазный. Твердость 2. Черта желтоватая, почти белая. Излом раковистый. Хрупкий. Легко загорается от спички, горит синим пламенем с резким запахом серы. Зернисто-кристаллические и землистые массы, корки, налеты.....**СЕРА (S, самородная)**.

27. Цвет лимонно-желтый, ярче черты. Твердость 1,5-2. Блеск стеклянный, алмазный, жирный, перламутровый. Спайность весьма совершенная. Листоватый, чешуйчатый (листочки гибкие, не упругие), зернистый, землистый (матового блеска) **АУРИПИГМЕНТ (As_2S_3 , обманка желтая мышьяковистая)**.

28. Цвет бронзовый, золотисто-желтый, зеленовато-желтый, бронзово-коричневый, оранжевый. Черта желтоватая. Блеск сильный – перламутровый, стеклянный. Спайность весьма совершенная. Твердость 3-3,5. Хрупкий. Кристаллы характерные – удлиненные, пластинчатые, а также нередко образующие лучистые (звездчатые) сростки **АСТРОФИЛЛИТ ($(H,K,Na)_4(Fe,Mn)_4(Ti,Zr)Si_4O_{16}$, сложный титаносиликат)**.

29. Цвет оранжево-красный, ярко-красный, реже темно-красный. Черта оранжево-красная. Блеск смолистый. Твердость 1,5 – 2. Излом мелко раковистый, занозистый. Легко плавится, окрашивая пламя в яркий голубовато-белый цвет с характерным запахом чеснока. Землистые массы, налеты, корки, а также сплошные зернистые агрегаты.....**РЕАЛЬГАР (AsS ; красная мышьяковая руда)**.

30. Блеск матовый, жирный до сильного металловидного. Цвет черный, стально-серый. Спайность весьма совершенная. Мягкий (1), пишет на бумаге, пачкает руки. Жирен на ощупь. Листоватые, чешуйчатые, плотные, мелкозернистые и землистые массы **ГРАФИТ (C)**.

Разновидность графита аморфная – **шунгит**, который отличается черным цветом, сильным полуметаллическим блеском и плотным сланцеватым сложением.

31. Минерал бесцветный, прозрачный, белый. От примесей – желтоватый, красноватый, буроватый, голубой, серовато-синий. Блеск стеклянный. Твердость 2,5. Спайность совершенная, излом ступенчатый. Хрупкий. Растворяется в воде. Соленый. Кристаллы, их сростки,

зернистые агрегаты, плотные и рыхлые массы, корки, выцветы, налеты, натеки **ГАЛИТ** (NaCl , *каменная или поваренная соль*).

32. Минерал, похожий на галит. Твердость 1,5 – 2. Отличается обычно красной или пестрой окраской (сочетание молочно-белого, розового, ярко-красного, голубого и синего цветов), а также горьковато-соленым, жгучим вкусом **СИЛЬВИН** (KCl , *калийная соль*).

33. Минерал, похожий на сильвин, иногда на галит. Отличается пятнистостью и полосчатостью обычно красного и желтого цветов, жирным блеском, отсутствием спайности, горьким вкусом. Образует сплошные зернистые массы. При сверлении ножом скрипит. Легко расплывается во влажном воздухе. В воде растворяется с хрустящим треском от бурного выделения пузырьков газов. Твердость имеет 1 – 2 **КАРНАЛЛИТ** ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *гидрохлорид калия и магния, калийная соль*).

34. Минерал белый или бесцветный. На воздухе покрывается налетом белого рассыпающегося порошка. Вкус горьковато-соленый, охлаждающий. Растворяется в воде. Обычен в виде корочек, выцветов, зернисто-кристаллических и сливных масс, игольчатых кристаллов **МИРАБИЛИТ** ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, *водный сульфат натрия, глауберова соль, чудесная соль, рейссин*).

35. По ряду свойств минерал похож на выше рассмотренные, но не имеет вкуса и практически не растворяется в воде. Цвет обычно белый, но от примесей может изменяться до черного. Блеск стеклянный, перламутровый, шелковистый. Спайность весьма совершенная. Мягкий (твердость 2), царапается ногтем. Встречается в виде таблитчатых ромбообразных кристаллов или их сростков, зернисто-кристаллических и волокнистых агрегатов, а также листоватых и землистых масс ... **ГИПС** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, *водный сульфат кальция, легкий шпат*).

Разновидности: мелкозернистая – *алебастр*; волокнистая с шелковистым блеском – *селенит*; пластинчатые полупрозрачные массы – *марьино стекло*.

36. Минерал аморфный, каплевидный, лепешковидный, в виде округлых кусков и натечных образований желтых, красных и бурых, иногда белых тонов, похожих на канифоль; реже голубого, зеленого, серого, черного цвета. Блеск стеклянный, смоляной, матовый при вы-

ветривании. Излом раковистый. Прозрачный, облачный, дымчатый, костяной, пятнистый (непрозрачен). Иногда с включениями насекомых. Окаменевшая смола древних хвойных деревьев. Довольно легко плавится в пламени свечи (при температуре $250^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$). От зажженной спички горит с выделением черного дыма и приятного гвоздичного запаха **ЯНТАРЬ** ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_4$, *сукцинит*).

Разновидности: восково-желтая – *геданит*; бурая, непрозрачная – *глессит*; темная, упругая, непрозрачная – *боккерит*.

37. Минерал обычен в виде листоватых или чешуйчатых агрегатов, листов. Листочки гибкие, упругие. Цвет изменчив – от бесцветных прозрачных до черных непрозрачных. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Кристаллы таблитчатые, могут быть крупными. Легко расщепляются на листочки по спайности **СЛЮДЫ** ($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$; $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$, *гидроалюмосиликаты калия, магния, железа, фтора*).

Разновидности: бесцветная белая калиевая с фтором – *мусковит*; то же, светло-желтая – *жильбертит*; изумрудно-зеленая – *фуксит*; бурая, калиево-магниевая с фтором – *флогопит*; черная, калиево-магниевая с железом и фтором – *биотит*; железистый биотит – *лепидомелан*.

38. Минерал в виде волокнистых агрегатов с шелковистым блеском. Цвет зеленовато-желтый с золотистым отливом, иногда белый, реже бурый. Легко расщепляется на тонкие, белые, гибкие и прочные нити, похожие на шелк. Черты не дает. Твердость 2 – 3. Нередко образует прожилки в серпентине. По химическому составу близок к серпентину..... **АСБЕСТ** ($\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, *магнезиальный гидросиликат, горный лен, меевиковый асбест, хризотил-асбест*).

39. Минерал обычен в виде плотных почковидных и землистых масс, а также корочек, налетов, выцветов, псевдоморфоз, реже представлен радиально-лучистыми агрегатами. Цвет постоянный зеленый, разной насыщенности, нередко концентрически-зональный. Вскипает от соляной кислоты. Хрупкий. Твердость до 4. Излом раковистый или неровный и землистый. Блеск восковой, шелковистый, матовый **МАЛАХИТ** ($\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$, *гидрокарбонат меди*).

Разновидность землистая – *хризоколла*, или *медная зелень*.

40. Обычны плотные, лучистые, землистые массы, налеты, реже кристаллы и их сростки. Цвет и черта ярко- и темно-синие, голубые. Твердость до 4. Вскипает от соляной кислоты **АЗУРИТ** ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$; *медная лазурь*).

Разновидность мягкая землистая – *медная синь*.

41. Минерал обычен в виде желваков и конкреций, а также сплошных плотных и землистых масс, псевдоморфоз по ископаемым остаткам. Цвет черный, серый, серовато-бурый, грязно-желтый, беловатый. В плотных черных конкрециях на расколе радиально-лучистое строение. При трении конкреций друг о друга ощутим запах сгоревшей головки спички или жженой кости. Твердость 2 – 5. Близкий к апатиту по составу, но загрязненный глинистым, песчаным или известковым материалом **ФОСФОРИТ** (*фосфат кальция*).

42. Обычны сплошные тонко-зернистые, плотные и землистые массы, гораздо реже – конкреции, оолиты. Цвет серый, желтый и бурый до темного. От капли нагретой соляной кислоты вскипает с бурным шипением и образованием желтых пятен. Твердость 3,5 – 4,5 **СИДЕРИТ** ($FeCO_3$; *карбонат железа; железный шпат*).

43. Цвет темно-бурый до черного. Скрытокристаллический и аморфный. Плотные массы, натечные образования, жеоды, конкреции, оолиты, псевдоморфозы, рыхлые землистые массы. Твердость от 2 до 4 – 5,5 **ЛИМОНИТ** ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, *бурый железняк; $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, гидрогетит*).

44. Тонко- и скрытокристаллические, плотные и рыхлые массы красного, вишнево-красного и красно-бурого цвета, пачкающие руки, с тусклым блеском и с твердостью меньшей, чем у гематита кристаллического **КРАСНЫЙ ЖЕЛЕЗНЯК** (Fe_3O_4 , *гематит*).

45. Минерал бурно, с шипением вскипает от воздействия соляной кислоты. Белый, желтоватый, серый, голубоватый и др. оттенков. В чистом виде бесцветен, прозрачен или просвечивает, сдваивая линии рисунка (*исландский шпат*). Спайность совершенная – легко раскалывается на косые параллелепипеды. Твердость до 3. Зернисто-кристаллические агрегаты, землистые, оолитовые и натечные массы, кристаллы, друзы, щетки, жеоды и др. сростки **КАЛЬЦИТ** ($CaCO_3$, *карбонат кальция; известковый шпат*).

46. Минерал похож на кальцит по цвету, блеску и бурному вскипанию от соляной кислоты. Отличается большей твердостью (3,4 – 5), отсутствием спайности и формой выделений. Кристаллы, обычно игольчатые, образуют шестоватые и радиальнолучистые агрегаты, оолиты, натечные и ветвистые образования. Встречается реже кальцита..... **АРАГОНИТ** (CaCO_3 , *карбонат кальция*).

47. Минерал обычен в виде красивых перламутровых шариков (оолитов) величиной от булавочной головки до голубинового яйца. Скорлуповатые излом и строение. Образуется в раковинах моллюсков за счет обрастания перламутровым слоем механических включений – песчинок и т. д. От просвечивающего до непрозрачного. Радужная иризация небесно-голубого, зеленоватого и красноватого оттенков. Цвет белый, желтоватый, золотистый, кремовый, зеленый, голубой, серебристый, серый, черный. Черта белая. Спайности нет. Твердость 3 – 4. Упругий, подпрыгивает при ударе о твердую гладкую поверхность **ЖЕМЧУГ**, или **ПЕРЛ** (CaCO_3 , *карбонат кальция*).

48. Минерал обычен в виде зернисто-кристаллических (мраморовидных) пестрых агрегатов из белых, серых, желтых, иногда черных кристаллов, а также плотных (фарфоровидных) масс. Спайность в кристаллах совершенная, для аморфных масс характерен раковистый излом. Вскипает от нагретой соляной кислоты Твердость 3,5 – 4,5..... **МАГНЕЗИТ** (MgCO_3 , *карбонат магния*).

49. Цвет минерала фиолетовый, зеленый, желтый, розовый, синий, серый до черного, реже бесцветен. В массе нередко пестрый. Черта иногда бледно-фиолетовая. Спайность совершенная. Просвечивает или непрозрачен. При нагревании окраска исчезает. В крепкой серной кислоте разлагается. По цвету может имитировать многие драгоценные камни, но отличается меньшей твердостью (4) и совершенной спайностью. Кристаллы, их сростки, зернисто-кристаллические и землистые массы **ФЛЮОРИТ** (CaF_2 , *плавиковый шпат*).

50. Минерал обычен в виде плотных голубовато-белых, желтоватых или сероватых масс, реже красноватых, фиолетовых, иногда бесцветен. Зернисто-кристаллические агрегаты бывают пестрыми, мраморовидными. По составу и свойствам близок к гипсу, но тверже его (3 – 3,5) **АНГИДРИТ** (CaSO_4 , *безводный сульфат кальция*).

51. Минерал тяжелый. Цвет белый, светло-серый, голубоватый, желтоватый и других оттенков. Может быть бесцветным, водяно-прозрачным. Блеск яркий стеклянный до алмазного. Спайность совершенная. Твердость 3 – 3,5. Кристаллы брусковидные, таблитчатые. Образует сростки, зернисто-кристаллические, плотные и землистые массы **БАРИТ** ($BaSO_4$, *сульфат бария, тяжелый шпат*).

52. Блеск полуметаллический яркий до алмазного. Цвет изменчив от светло-желтых тонов до коричневого, темно-бурого и черного, иногда бесцветный. Черта от светлого до коричневого цвета. Спайность совершенная. Хрупок. Твердость 3,9 – 4. Яснокристаллические (таблитчатые) массы, вкрапленники **СФАЛЕРИТ** (ZnS , *цинковая обманка*).

53. Цвет малиново- и кроваво-красный или буро-красный. Блеск характерен сильный металлический или алмазный. Мягкий, пишет на бумаге. Твердость до 2,5. Тяжелый. Спайность совершенная. Обычно встречаются в виде пятен в свинцово-сером антимоните, а также плотных зернисто-кристаллических и рыхлых землистых масс, не имеющих блеска **КИНОВАРЬ** (HgS , *ртутная обманка*).

54. Минерал плотный, аморфный, похожий на воск или застывший студень, с восковым или матовым блеском. Слабо просвечивает. Цвет различный – голубовато- или молочно-серый, желтый, оранжевый, красный, зеленый, коричневатый-черный, полосчатый, пятнистый. Твердость 6,5. Натечные и конкреционные образования, псевдоморфозы **ХАЛЦЕДОН** (SiO_2 , *скрытокристаллический кварц*).

Разновидности: красная – *сердолик*, или *карнеол*; буро-коричневая, на просвет красная – *сардер*; молочно-синяя – *сапфирин*; яблочно-зеленая, яркая – *хризопраз*; темно-зеленая с темно-красными пятнами – *гелиотроп*; разноцветная с моховидными дендритами – *моховой халцедон*; полосчатая, концентрически- или параллельно-зональная – *агат*; агат с чередующимися черными и белыми полосами – *оникс*; с буро-коричневыми и белыми полосами – *карнаол-оникс*; с красными и белыми полосами – *карнеол-оникс*.

55. Плотный, непрозрачный, с характерным раковистым изломом и острыми режущими краями. Блеск матовый, тусклый восковой. Твердость до 7. Высекает искру. Хрупкий. Цвет различный – белый, желтый, бурый, красный, серый до черного и других оттенков, нередко полосчатый, рисунчатый. Желваки, конкреции, псевдоморфозы по

ископаемым остаткам, натечные и другие скрытокристаллические образования **КРЕМЕНЬ** (SiO_2 , халцедон, загрязненный примесями).

56. Плотный, непрозрачный, кремнистый агрегат, состоящий из халцедона и кварца с различными примесями. Похож на кремьень, но гораздо богаче окрашен во все цветовые тона – алый, сургучный, вишневый, фиолетовый, зеленый, голубой, белый и т.д. Нередко ленточно-полосчатый, пятнистый, пестрый, пейзажный или одноцветный. Твердость 6 – 7. Излом имеет менее раковистый, неровный **ЯШМА** (SiO_2 , двуокись кремния, алюминия, железа, кальция).

57. Плотный непрозрачный минерал небесно-голубого, голубовато-зеленого или яблочно-зеленого цвета, нередко с характерными черными или бурными пятнами. Блеск слабый стеклянный или восковой. Твердость 5 – 6. Излом неровный, раковистый. Встречается в виде гроздьевидных и почковидных образований, желваков, плотных масс, налетов, тонких прожилок. При прокаливании и солнечном облучении, при увлажнении, большой сухости цвет минерала меняется до невзрачного зеленого **БИРЮЗА** ($CuAl_6(OH)_2[PO_4]4H_2O$, калаит).

58. Легкие, обычно натечные, стекло- или фарфоровидные массы с восковым, перламутровым или матовым блеском и раковистым изломом. Твердость 5,5 – 6. Цвет белый, желтый, бурый, от красного до медово-желтого, а также зеленый, радужный, бесцветный. Непрозрачный, иногда водяно-прозрачный и просвечивающий, с разными переливами голубого и красного цвета (иризация). Встречается в виде желваков, конкреций, корок, оолитов, псевдоморфоз, землистых образований **ОПАЛ** ($SiO_2 \cdot nH_2O$, водный оксид кремния).

59. Минерал твердый (7), режет (царапает) стекло. Цвет различный: от бесцветного прозрачного до черного непрозрачного. Встречается в виде кристаллов, друз, щеток, жеод, плотных зернисто-кристаллических и рыхлых песчаных масс, вкрапленников. Блеск на гранях кристаллов стеклянный до алмазного, на изломе жирный, иногда матовый **КВАРЦ** (SiO_2).

Разновидности: бесцветная прозрачная – *горный хрусталь*; фиолетовая – *аметист*; дымчатая – *раухтопаз*; черная непрозрачная – *морион*; зеленая – *празем*; прозрачная, с тонкими прорастаниями рутила (кварц-волосатик) – *сагеним*; луково-зеленая – *празиолит*; зеленая, золотисто-коричневая с переливами и мерцанием за счет включений чешуек слюды – *авантюрин*; густо- или бледно-розовая –

розовый кварц; синяя, грубозернистая – *сапфировидный кварц*; белая, серая, зеленоватая, желтая, бурая с тонкими параллельными волокнами актинолита – *кошачий глаз*; окварцованный агрегат синевато-серого амфибола с шелковистым блеском на изломе (световой отлив на полированной поверхности) – *соколиный глаз*; золотисто-желтый, коричневый окварцованный лимонит с волнообразным отливом за счет тонковолокнистого строения – *тигровый глаз*; лимонно-желтая, прозрачная – *цитрин (кварцевый топаз)*.

60. Минерал обычен в виде плотных зернисто-кристаллических агрегатов, вкрапленников, встречаются отдельные кристаллы. Цвет от оливково-зеленого до темно-зеленого. Блеск стеклянный. Твердость 6,5 – 7..... **ОЛИВИН** ($Mg,Fe)_2SiO_4$, *силикат магния и железа*).

Разновидность: прозрачная желто-зеленая – *хризолит*.

61. Минерал обычен в виде сплошных (сливных) или крупнозернистых масс, реже встречаются призматические короткостолбчатые кристаллы. Цвет серый, желтовато-зеленоватый, красноватый, в массе напоминает цвет хозяйственного мыла или тухлого мяса. Твердость 5 – 6 **НЕФЕЛИН** ($NaAlSiO_4$, *алюмосиликат натрия*).

62. Минерал обычен в виде плотных, аморфных масс лазурно-синего или темно-синего цвета. Твердость 5,5 – 6. Может оставлять бледно-голубую черту на фарфоровой пластинке **ЛАЗУРИТ** ($6Na[AlSiO_4]Ca_2[SO_4]S$, *алюмосиликат натрия с серой*; синоним – *ляпис-лазурь*).

63. Обычны зернисто-кристаллические (сахаровидные) агрегаты, реже кристаллы и вкрапленники зеленого и бледно-зеленого, иногда голубого, белого цвета и других оттенков. Блеск жирный до стеклянного. В кристаллах прозрачен. Твердость 5 **АПАТИТ** ($Ca_5(Cl,F)[PO_4]_3$, *фосфат кальция с хлором и фтором*).

64. Обычны черные, зеленовато-черные, короткопризматические кристаллы квадратных очертаний в виде крапленников (в темноцветных породах) и зернисто-кристаллические агрегаты с полуметаллическим и стеклянным блеском. Твердость 5 – 6,5 **АВГИТ** ($Ca(Mg,Fe,Al)[(Al,Si)_2O_6]$, *сложный алюмосиликат кальция, магния и железа*).

65. Удлиненные игольчатые, иногда столбчатые кристаллы того же цвета, зернисто-кристаллические массы игольчатого строения, с

ярким шелковистым, стеклянным блеском и занозистым изломом, или вкрапленники. Твердость до 6 **РОГОВАЯ ОБМАНКА** $((Ca, Na)(Mg, Fe)_4(Al, Fe)(Al, Si)_4[O_{11}]_2(OH)_2$, сложный алюмосиликат кальция и натрия с магнием и железом).

66. Минерал, похожий на роговую обманку, имеет вид сплошных и волокнистых агрегатов, а также вкрапленников зеленовато-черного, темно-зеленого цвета. Блеск стеклянный, полуметаллический. Твердость 6 – 6,5 **ЭГИРИН** $(NaFe^{3+}Si_2O_6$, силикат натрия и железа).

67. Похожие по свойствам кристаллы образуют шестоватые и лучистые агрегаты. Характерен цвет от светло- до темно-зеленого. Твердость 5 – 6 **АКТИНОЛИТ** $(Ca_2(Mg, Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$, водный силикат кальция, магния и железа, лучистый камень).

Разновидности: тонковолокнистые мягкие агрегаты – **актинолит-асбест**; плотные скрытокристаллические массы из перепутанных микроскопических волокнистых кристаллов – **нефрит**.

68. Плотные, войлокоподобные, спутанно-волокнистые агрегаты зеленого, белого, серого, черного, коричневатого, красноватого, медово-желтого цвета. Пятнистые, полосчатые. Блеск шелковистый. Излом занозистый, скол острый. Вязок. От непрозрачного до просвечивающего даже в толстых пластинах. Твердость 6 – 6,5. Встречается в виде валунов **НЕФРИТ** (ювелирная разновидность актинолита).

69. Мелко-игольчатые, звездчатые, шестоватые, длиноволокнистые, веерообразные и плотные скрытокристаллические агрегаты. Цвет сиреневый разных оттенков, с переходом к фиолетовому. Спайность совершенная, излом занозистый. Блеск по спайности шелковистый, на изломе стеклянный. Просвечивающий – до непрозрачного. Твердость до 5,5 **ЧАРОИТ** $(K(Ca, Na)_2[(OH, F)Si_4O_{10}] \cdot H_2O$, сложный известково-натровый гидроалюмосиликат с калием, стронцием, барием и фтором).

70. Минерал обычен в виде брусковидных кристаллов, сливных и зернисто-кристаллических масс, вкрапленников. Спайность совершенная. Блеск стеклянный (со временем тускнеет). Цвет розовый, мясо-красный, зеленый, светло-серый, белый, темно-серый до черного. Иногда иризирует. Твердость 6 – 6,5 **ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ** $(K[AlSi_3O_8], Na[Al_2Si_2O_8], Ca[Al_2Si_2O_8]$, алюмосиликаты калия, натрия и кальция).

Разновидности: розовая, мясо-красная – **ортоклаз**; бесцветная, серая, желтая, оранжевая, коричневая, черная, стекловидная – **сани-**

дин; водяно-прозрачная, с поверхности зеленоватая – *адуляр*; желтый, светло-серый, белый адуляр с нежно-голубым отливом (иризация) – *лунный камень*; оранжевая, красновато-коричневая, мерцающая золотистыми, иногда зеленоватыми и синими искорками – *солнечный камень*; зеленая, голубовато-зеленая – *амазонит*; белая – *альбит*; темно-серая – *анортит*; черная или почти черная с иризацией цвета павлиньего пера – *лабродор*; светло-серая – *олигоклаз*.

71. Плотные зернисто-кристаллические или сливные массы, реже таблитчатые либо столбчатые кристаллы. Цвет темно-розовый, розово-красный, малиновый, красновато-бурый, мясо-красный, красновато-серый, нередко с черными включениями. Излом неровный. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Непрозрачен. Твердость 5,5 – 6,5 **РОДОНИТ** $((Mn_4Ca)[Si_5O_{15}]$, *силикат марганца, орлец*).

72. Минерал по цвету обычно похож на родонит, а также бурый, желтовато-бурый, светло-желтый. Блеск стеклянный. Спайность почти совершенная, излом неровный. Кристаллы толстостолбчатые, просвечивающие. Образуют характерные зернистые агрегаты и вкрапленники в апатитах и нефелинах, похожие на пятна крови. Твердость 5 – 5,5 **ЭВДИАЛИТ** $((Na_4(CaCl, Fe^{2+})_2ZrSi_6O_{17}(OH, Cl)_2$, *водный хлор-силикат натрия, кальция и циркония; лопарская кровь*).

73. Минерал обычен в виде сплошных, зернистых и шестоватых агрегатов, темно-, синевато- и черно-зеленого, иногда желтовато-зеленого (фисташково-зеленого) цвета. Кристаллы многогранные, длиннопризматические, игольчатые или столбчатые, прозрачные, просвечивающие до непрозрачных. Блеск стеклянный. Спайность совершенная, излом раковистый, неровный, занозистый. Черта серая. Твердость 6 – 7 **ЭПИДОТ** или *пистациит* $(Ca_2(Al, Fe)_3 [Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$, *сложный гидроалюмосиликат кальция с железом и др.*).

Разновидности: бутылочно-зеленая прозрачная – *пушкинит* (Урал); вишнево-красная, непрозрачная в виде лучистых агрегатов – *пьемонтит*; светло-желтая до светло-зеленой – *хромэпидот*.

74. Удлиненные столбчатые, призматические, игольчатые кристаллы сферически-треугольного сечения с продольной штриховкой на гранях. Нередко образует лучистые агрегаты. По цвету самый богатый минерал: черный, бурый, розовый, красный, оранжево-коричневый, желтый, коричневый, зеленый, синий, красно-фиолетовый, белый, бесцветный, зонально-разноцветный (полихромный). Прозрач-

ный, просвечивающий, непрозрачный. Блеск стеклянный. Твердость 7 – 7,5. Хрупок. Излом неровный, мелкокорковистый **ТУРМАЛИН** $((Na, Ca)(Li, Mg, Al)(Al, Fe, Mn)_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$, *сложный бороалюмосиликат переменного состава*).

Разновидности: черная непрозрачная – *шерл* (самая распространенная); розовая до красной – *рубеллит*; желтовато-коричневая до темно-коричневой – *дравит*; зеленая различных оттенков – *верделит*; синяя различных оттенков – *индиголит*; густо-малиновая, лиловато-красная, красно-фиолетовая – *сибирит*; бесцветная или почти бесцветная – *ахроит*; лучистые агрегаты – *турмалиновое солнце*.

75. Кристаллы коротко- и длинностолбчатые, шестигранные, нередко образуют крестообразные сростки. Обычен в виде вкрапленности в метаморфических (сланцевых) сланцах. Цвет черный, коричневатый, красновато-бурый. Непрозрачный или просвечивающий. Блеск стеклянный, матовый. Твердость – 7,5 **СТАВРОЛИТ** $(Fe_2^{2+}Al_9O_6(SiO_4)_4(O,OH)_2$, *сложный силикат алюминия и железа*).

76. Минерал обычен в виде вросших или выросших кристаллов в метаморфических сланцах, гнейсах, в скарнах, в магматических породах (гранитах, пегматитах). Кристаллы имеют форму изометрических многогранников и напоминают зерна плодов гранатового дерева. Цвет темно-красный, буроватый до черного, светло-зеленый, буровато-зеленый. Непрозрачен или просвечивающий. Блеск жирный, стеклянный, иногда алмазный. Твердость 6,5 – 7,5. Излом раковистый, занозистый, шероховатый **ГРАНАТ** $(Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+} \cdot Al, Fe^{3+}, Cr^{3+}(SiO_4)_3$, *силикат кальция, магния, молибдена, железа, алюминия, хрома, марганца*).

Разновидности: красная, буровато-красная, коричневая, фиолетовая – *альмандин*; темно-красная, кроваво-красная – *пироп*; бурая, буровато-зеленая, черная – *андрадит*; изумрудно-зеленая до золотисто-зеленой – *демантоид*; зеленая, зеленовато-желтая, медно-бурая – *гроссуляр*; травяно-зеленая – до изумрудно-зеленой, мелкокристаллическая или в виде щеток, корочек – *уваровит*; розовая, оранжевая, коричневатая-красная – *спессартин*.

77. Обычны шестигранные удлиненные кристаллы, друзы, вкрапленники, иногда шестоватые агрегаты. Цвет золотисто-желтый, желтовато-зеленоватый, розовый, бесцветный. Прозрачный, полупрозрачный до непрозрачного. Блеск яркий стеклянный. Твердость 7,5 – 8. Хрупкий **БЕРИЛЛ** $(Al_2[Be_3(Si_6O_{18})]$, *бериллосиликат алюминия*).

Разновидности: бледно-голубая, небесно-голубая, зеленовато-голубая (цвета морской воды) – *аквамарин*; ярко-зеленая, от изумрудно- до травяно-зеленой – *изумруд*; от нежно-розовой до фиолетовой – *воробьевит* (или *морганит*); светлая зеленовато-желтая – *гелиодор*; крыжовенно-розовая – *биксбиит*; бесцветная, прозрачная – *гошенит*; от лимонно- до золотисто-желтой – *благородный золотистый берилл*.

78. Мелкие октаэдрические зерна кристаллов, вкрапленные в гранитах, пегматитах, гнейсах, кристаллических сланцах, редко отдельные крупные кристаллы. Похож на берилл. Блеск стеклянный. Цвет красный, рубиново-красный, розовый, оранжевый, темно-зеленый, синий, бледно-лиловый, черный, реже бесцветный. От прозрачного до непрозрачного в черных разностях. Твердость 8. Излом раковистый **ШПИНЕЛЬ** ($MgAl_2O_4$, *сложный оксид магния и алюминия*).

79. Прозрачные либо просвечивающие короткостолбчатые призматические восьмигранные кристаллы, шестоватые крупнокристаллические сростки, сливные очень плотные массы и скрытокристаллические образования. Цвет золотисто-желтый с розовым оттенком, а также розовый, голубой, светло-зеленый, сероватый, бесцветный. Излом ступенчатый до раковистого (при совершенной спайности). Твердость 8. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый..... **ТОПАЗ** ($Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$, *алюмосиликат фтора*).

80. Кристаллы короткопризматические до таблитчатых, обычно в виде двойников, тройников срастания и прорастания. Прозрачный до просвечивающего. Цвет золотисто-желтый, зеленовато-желтый, кирпичный. Твердость 8,5. Излом слабо-раковистый. Блеск стеклянный, на изломе жирный. Хрупкий. Встречается в слюдяных сланцах и в гранито-пегматитах. Редкий. Похож на золотистый берилл, перидот, топаз, турмалин **ХРИЗОБЕРИЛЛ** (Al_2FeO_4 , *сложный оксид бериллия и алюминия*).

Разновидности: голубовато-зеленая до изумрудно-зеленой (при дневном свете), красная, малиновая, фиолетово-красная (вечером при искусственном освещении) – *александрит*; зеленая с волнистой переливчатостью – *кошачий глаз*, или *цимофан*.

81. Минерал обычен в виде кристаллических вкрапленников или плотных тонкозернистых масс голубовато-серого цвета. Очень твер-

дый (9). Отдельные кристаллы удлиненно-призматические, шестигранные, как бы вздутые с боков (бочонкообразные), либо дипирамидальные. Прозрачны или просвечивают, в сливных массах непрозрачен. Окраска изменчива: от бесцветной до синеватой, желто-серой, коричневой, красной, зеленой, фиолетовой – в зависимости от имеющихся примесей. Хрупок. Блеск стеклянный до алмазного. Излом неровный **КОРУНД**, или **яхонт** (Al_2O_3 , оксид алюминия с примесью хрома, железа, титана, марганца и других).

Разновидности: синяя и голубая различных оттенков, а также бесцветная, розовая, оранжевая, желтая, зеленая, фиолетовая, черная – **сапфир**; красная разных оттенков – **рубин**; плотная голубовато- или синевато-серая, серовато-черная, непрозрачная – **наждак**.

82. Минерал обычен в виде октаэдрических кристаллов с искривленными гранями, по внешней форме приближающихся к шару, реже к кубу и другим. Прозрачен. Бесцветен или желтый, коричневый, иногда зеленый, синий, красноватый, черный. Блеск искрящийся, сильный. Обладает игрой цветов и внутренним огнем. Крупные кристаллы кажутся гуще окрашенными, чем мелкие. После облучения солнцем светится в темноте (фосфоресцирует). Самый твердый минерал (10); в 150 раз тверже корунда, в 1000 раз тверже кварца. Хрупок, легко раскалывается по плоскостям спайности. Встречается в основных и ультраосновных магматических породах, в змеевиках и в россыпях **АЛМАЗ (С, кристаллический углерод)**.

Разновидности: шаровидная, радиально-лучистого строения – **баллас**; черная, серая, плотная или тонкозернистая – **карбонадо**; неправильные мелкозернистые сростки – **борт**; искусственно ограненная (44 – 58 граней) с радужным сиянием – **бриллиант**. Очень ценятся редкие ярко-желтые алмазы фантазийных расцветок. Алмаз прозрачен для рентгеновских лучей. Вес алмазов определяется в каратах (1 карат – 0,2 г); самый крупный алмаз "Куллинан" (ЮАР, 1905) весит 3 106 каратов; из 100 000 т породы извлекается 5 кг алмазов.

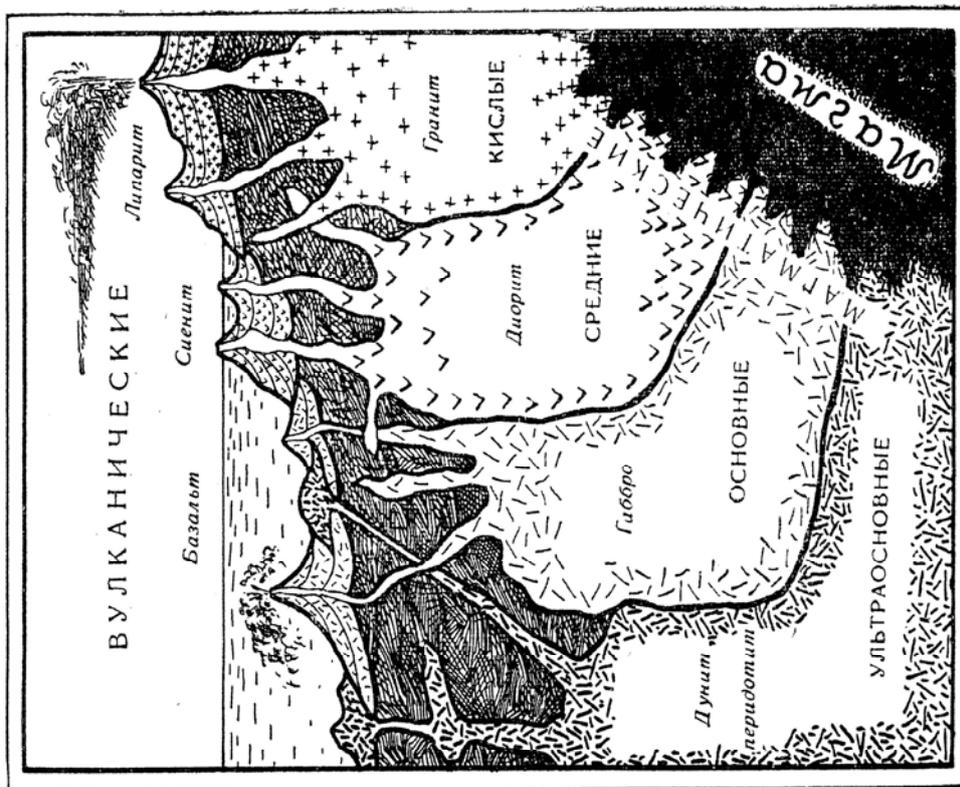
Глава 5. Горные породы

5.1. Общая характеристика

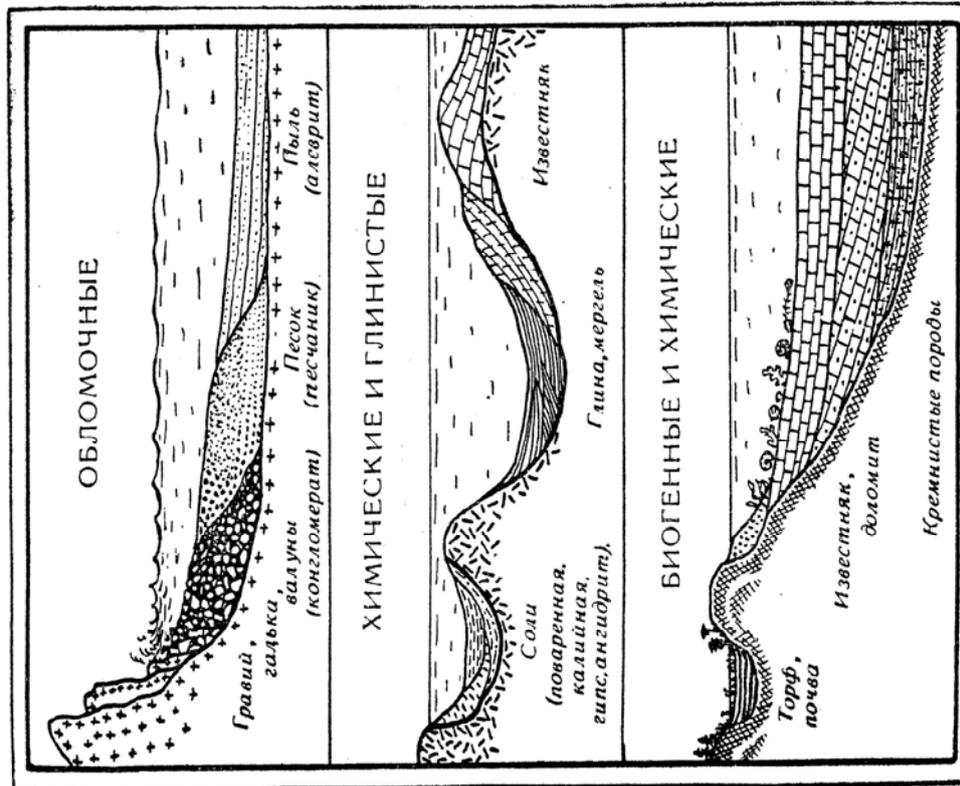
Агрегаты минералов образуют большие каменные массы, которые называются горными породами. Они могут состоять из одного или нескольких минералов. По условиям образования (рис. 21) выделяют три большие группы горных пород: *магматические, осадочные, метаморфические*. В свою очередь, в каждой группе выделяются по составу и особенностям строения свои подгруппы (рис. 22 А и Б [32]).

Магматические породы (рис. 21) разделяются на *интрузивные (глубинные)* и *эффузивные (излившиеся)*. Для интрузивных пород характерно кристаллическое строение, для эффузивных – скрытокристаллическое. По содержанию кремнезема выделяют породы кислого (более 65% SiO₂), среднего (65% – 52% SiO₂), основного (52 – 45% SiO₂) и ультраосновного (менее 45% SiO₂) состава. Они заметно различаются по цвету и по составу. *Кислые* породы обычно светлоокрашенные, многоцветные, с преобладанием полевых шпатов и кварца. Типичными являются граниты, пегматиты, обсидиан, вулканические туфы, пемза. *Средние* – пестроцветные, с полевыми шпатами и роговой обманкой. Например, диорит, сиенит, порфириты. *Основные* – темноцветные, с анортитом, лабродором, авгитом и другими. Примерами служат габбро, лабродорит, базальт, диабаз. *Ультраосновные* – темно-зеленые с преобладанием оливина. К ним относятся дунит, перидотит, пироксенит. Строение некоторых кислых и средних пород отражено на рис. 22.

Осадочные породы. В их образовании участвуют процессы выветривания (гипергенеза), химического самоосаждения минералов из водных растворов и процессы накопления органических скелетных останков животных и растений в водоемах. По способу образования выделяют обломочные, хемогенные и органогенные осадочные породы (рис. 21). Для них не характерно кристаллическое строение, за исключением грубообломочных и некоторых хемогенных пород.

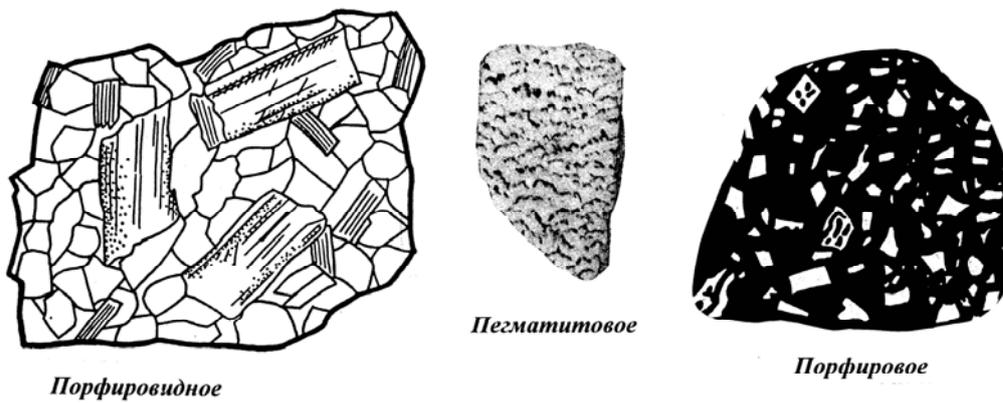


Кристаллические породы.

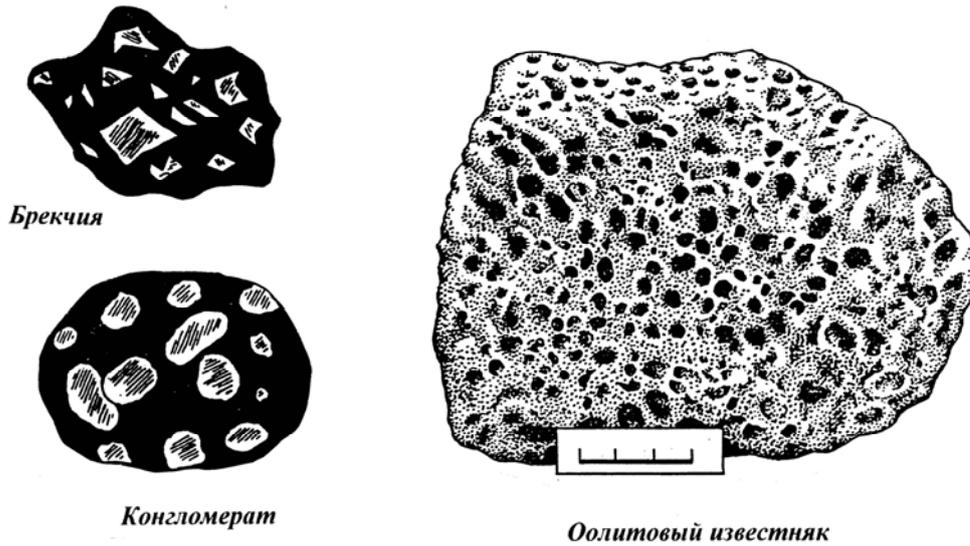


Главные осадочные породы.

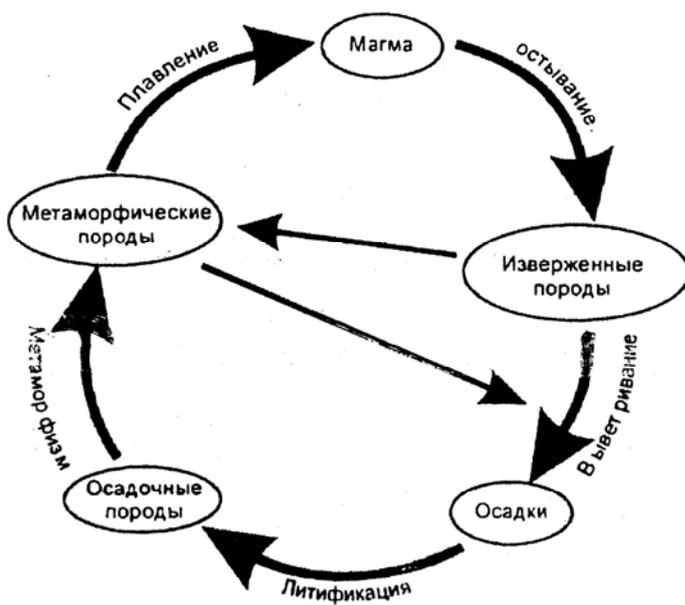
Рис. 21. Схемы условий образования магматических и осадочных пород [2]



А



Б



В

Рис. 22. Строение пород:
 А – магматических; Б – осадочных; В – круговорот горных пород

Обломочные породы образуются за счет разрушения магматических и метаморфических пород, дальнейшего переноса (транспортировки) и отложения на суше или в водоемах продуктов разрушения. В результате возникают глыбы и валуны, щебень и галька, дресва и гравий, брекчии и конгломераты (рис. 22), пески и песчаники, алевриты (в том числе лёссы) и алевролиты, глины и аргиллиты, супеси и суглинки.

Хемогенные породы образуются в результате выделения из насыщенных водных растворов различных минеральных соединений с последующим отложением осадка на поверхности суши или на дне водоема. Так происходит накопление каменной и калийной солей, гипса, оолитовых (рис. 22) и доломитизированных известняков, известковых туфов, мергеля.

Органогенные (или биогенные) породы по особенностям их состава разделяются на три группы: известняки, кремнистые породы и горючие ископаемые (каустобиолиты).

Известняки обычно состоят из хорошо различимых останков морских организмов – раковин моллюсков, брахиопод, фораминифер, скелетных фрагментов кораллов, морских лилий и ежей. Примерами служат известняки-ракушняки, коралловые, фузулиновые, швагериновые, криноидные известняки. В обыкновенном известняке скелетные останки сильно измельчены, истерты, почти не заметны. Мел состоит из микроскопических раковинок фораминифер. Все эти породы легко вскипают от соляной кислоты, так как состоят из минерала кальцита.

Кремнистые породы представлены легкими, но плотными скрытокристаллическими массами белого, желтоватого или серого цвета, с характерным раковистым изломом. Состоят из микроскопических кремневых скелетов диатомовых или радиоляриевых водорослей. Внешне они похожи на мел или мергель, но не вскипают от соляной кислоты. К ним относятся диатомит (белый), опока (серая), трепел (желтоватый).

Каустобиолиты (горючие ископаемые) – осадочные породы, способные загораться, плавиться от пламени свечи или спички. Образовались за счет накопления и разложения растительных останков и микроорганизмов. К ним относятся торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, нефть и

продукты ее окисления (горный воск – озокерит, асфальт), образующие соответственно породы угольного и битумного рядов. Для них характерны черная окраска, небольшой вес, хрупкость, иногда вязкость.

Метаморфические породы образуются в земной коре из магматических и осадочных пород путем их глубокого изменения и преобразования. Главными факторами метаморфизма являются высокая температура, давление, а также химическое влияние магмы, горячих вод и газов, идущих из магматических очагов. При этом происходит сложный процесс перекристаллизации минеральных масс в твердом виде, замещение одних веществ другими, разрушение старых структур и текстур и образование новых. Сами метаморфические породы могут быть вновь перекристаллизованы в соответствующих термодинамических условиях. Часто минералогический состав породы сохраняется прежним (например, гнейсы сохраняют состав гранитов). Иногда минералы исходной породы замещаются новыми (дунит, состоящий из оливина, превращается в тальковый или хлоритовый сланец).

В процессе метаморфизма некристаллические породы становятся кристаллическими, а кристаллические перекристаллизовываются. По кристаллической структуре метаморфические породы сходны с глубинными магматическими породами, но отличаются по текстуре (сложению). Для них обычны следующие виды текстур:

Сланцеватая – удлиненные или таблитчатые кристаллы ориентированы своими длинными сторонами взаимно параллельно. Породы со сланцеватым сложением легко раскалываются на тонкие пластинки или плитки с ровными параллельными плоскостями. Примеры: роговообманковый сланец (образовался при метаморфизме диоритов, сиенитов, габбро); слюдяной сланец (при метаморфизме глин, глинистых сланцев, гранитов); тальковый и хлоритовый сланцы; глинистый и филлитовый сланцы (при метаморфизме глин); графитовый сланец (при метаморфизме углей) и другие.

Волокнистая – большей частью порода сложена волокнистыми минералами, например, как серпентинит.

Зернисто-полосчатая, ленточная – в породе чередуются более или менее выраженные полосы разной толщины и различного минералогического состава, например, гнейс.

Очковая – в породе присутствуют зерна овальной формы или агрегаты светлоокрашенных минералов. Они резко выделяются на темном фоне породы, например, очковый гнейс.

Плойчатая – порода смята в мелкие складочки, гофрирована, например, у филлита.

Массивная зернистая аналогична полнокристаллической текстуре магматических пород, например, у кварцита, образованного при метаморфизме кварцевых песков и песчаников; у мрамора – при метаморфизме известняков.

Таким образом, метаморфические горные породы – результат преобразования пород разного генезиса. Новая физико-химическая обстановка приводит к изменению первичной структуры, текстуры и минерального состава. Главными факторами (агентами) метаморфизма являются эндогенное тепло, всестороннее (литостатическое) давление и химическое воздействие флюидов (химически активных веществ). Постепенное нарастание факторов метаморфизма позволяет наблюдать все переходы от первично осадочных или магматических пород к образующимся по ним метаморфическим породам. Метаморфические породы обладают полнокристаллической структурой: от тонко- до крупнозернистой. Размеры кристаллических зерен увеличиваются по мере роста температур метаморфизма. Схема круговорота горных пород дана на рис. 22 В [16].

Ниже приводится краткий определитель наиболее распространенных горных пород.

5.2. Краткий определитель горных пород

I. Порода на свежем расколе полнокристаллическая, массивная тонкозернистая, либо полу- и скрытокристаллическая, а также стекловатая, ноздревато-пузырчатая, пористая, спутанно-волокнистая. Многоцветная, пестрая, порфириовидная или одноцветная
..... IV (магматическая)

II. Порода на свежем расколе кристаллического, реже скрытокристаллического строения, полосчатая, плейчатая, сланцеватая, либо массивная, тех же расцветок VII (**метаморфическая**)

III. Строение породы обломочное, оолитовое, рыхлое либо плотное, сцементированное. Состав песчаный, пылеватый, глинистый, известковый, кремнистый, углистый. Цвет различный X (**осадочная порода**)

IV (I) а – б (**магматические породы**)

а. Порода полнокристаллическая, крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистая V (**интрузивная**)

б. Порода полу- и скрытокристаллическая, стекловатая, ноздревато-пузырчатая, пористая, спутанно-волоконистая VI (**эффузивная**)

V (IVa) а 1 – 4 (**кислые**)

1. В породе хорошо различимы зерна розовых, красных, белых, иногда зеленых полевых шпатов; светло-серого и дымчатого кварца; мусковита, биотита; реже – роговой обманки. Строение равномерно или неравномернозернистое. Цвет различный, обычно светлых оттенков, редко темноцветных **гранит**

2. Порода того же состава и цвета, но в строении наблюдается закономерное расположение крупных зерен полевых шпатов в окаймлении («рамочке») из темноцветных минералов (кварца, анортита, биотита) **рапакиви** («гнилой камень», разновидность гранита).

3. В породе преобладают полевые шпаты и кварц, взаимно проросшие друг в друга. На фоне светлых полевых шпатов более темные зерна кварца выделяются выразительной графикой «еврейского письма», особенно в средне- и мелкозернистых массах (пегматитовая структура) **пегматит** (**письменный гранит**)

4. Порода мелко- или средне- равномерно-зернистая, обычно сахаровидная. Преобладают кварц и полевые шпаты с примесью мусковита, турмалина, а также граната. Цвет характерен белый, желтоватый, розоватый **аплит**

б. 5 – 6 (**средние**)

5. Порода состоит из светлых зерен полевых шпатов (преимущественно) и черных зерен роговой обманки. В массе своей пестроцветная **сиенит**

6. Порода того же состава и цвета, с преобладанием роговой обманки **диорит**

в. 7 – 8 (**основные**)

7. Порода темноцветная или черная, состоит из характерных крупных зерен анортита, с примесью авгита, роговой обманки, окси-

дов железа, марганца и других темноцветных минералов. Массивная, тяжелая *габбро*

8. Порода того же цвета и состава, с преобладанием полевого шпата – лабродора, отличается иризацией *лабродорит*

г. **9 – 11 (ультроосновные)**

9. Порода темно- или оливково-зеленая, мелко- или среднезернистая, очень плотная и тяжелая. Состоит из оливина с примесью хромита или магнетита. С поверхности бывает покрыта тонкой желто-бурой коркой выветривания *дунит*

10. Порода средне- или крупнозернистая, темно-зеленая, почти черная, тяжелая. Преобладает пироксен (авгит), гораздо меньше оливина *пироксенит*

11. Порода средне- или мелкозернистая, тяжелая. Темно-зеленая, темно-бурая, черная, желтовато-зеленая. Преобладают оливин и авгит, который выделяется на зеленоватом фоне черными блестящими вкрапленниками *перидотит*

VI (IVб) а. **12 – 16 (кислые)**

12. Порода светло-серая, желтоватая, красноватая, нередко белая. Излом неровный шероховатый. На фоне скрытокристаллической массы выделяются мелкие вкрапления полевых шпатов, реже кварца; темных минералов почти нет *липарит (риолит)*

13. Порода желтая, бурая, красная, зеленоватая, фиолетовая, серая, темно-серая или пятнистая (порфиговое строение) с крупными вкраплениями зерен сероватого или черного кварца и выветрелых, матовых полевых шпатов *кварцевый порфир*

14. Порода стекловатая, однородная, массивная, с ясно выраженным раковистым изломом. Цвет различный: светло-серый, бурый, черный, зеленый, сургучный и других оттенков, нередко полосатый *обсидиан (вулканическое стекло)*

15. Порода сильно-пористая, пенистая, спутано-волокнистая, шершавая на ощупь. Легкая (плавает на воде). Белая, желтая, серая, черная *пемза*

16. Порода легкая, но тяжелее пемзы. Состав неоднородный. На фоне пористой массы – обломки различной формы, величины и цвета. Окраска различная: от белой до черной *вулканический туф*

б. **17 – 20 (средние)**

17. Порода тонкопористая, шероховатая на ощупь. Красноватая, буроватая, желтоватая, сероватая или белая. На ее фоне видны свежие порфировые выделения полевых шпатов, реже роговой обманки, биотита, авгита *трахит*

18. Порода плотная, серовато-зеленоватая, а также красновато-буроватая с характерными вкраплениями светло-тусклых полевых шпатов **порфир (ортофир)**

19. Порода плотная или слегка ноздреватая, светло-серая, серая, зеленовато-серая, черная, бурая или темно-бурая. В нее вкраплены крупные зерна полевых шпатов светлой окраски, обладающие сильным стеклянным блеском **андезит**

20. Порода плотная, серая, темно-серая, серо-зеленая, или черная с крупными вкрапленниками тусклых светлых полевых шпатов или черных, блестящих кристаллов авгита, иногда роговой обманки (порфириновая структура) **порфирит**

в. **21-23 (основные)**

21. Порода плотная, тонкозернистая, иногда пузырчатая. Черная, темно-серая, серая. Тяжелая, массивная. Излом неровный занозистый. На ощупь шероховатая. Иногда с мелкими порфириновыми выделениями авгита, роговой обманки, оливина, полевых шпатов. При выветривании приобретает ржаво-бурую или зеленоватую окраску с поверхности **базальт**

22. Порода, похожая на базальт, но обычно темно-серая, тонко- и мелкозернистая, с неровным, морщинистым изломом на расколе **диабаз (древний базальт)**

23. Порода брекчиевидная (сцементированные остроугольные обломки), темно- и голубовато-серая, порфириновой структуры с разнообразными включениями оливина, пироксена, флогопита, граната и др. Алмазоносная **кимберлит**

VII (II) **а – в (метаморфические породы)**

а. Порода зернистая, полосчатого, ленточного, реже сланцеватого или очкового сложения. Окраска различная, обычно светлая. Состав такой же, как у гранита. Состоит из чередующихся полос светлого полевого шпата, кварца, биотита, роговой обманки, авгита («слоеный торт») **24. гнейс**

б. Порода сланцевато-слоистого сложения. Легко раскалывается по сланцеватости на бруски, тонкие пластины и плитки **VIII**

в. Порода массивного сложения, равномерно зернистая **IX**

VIII (VII б) **25 – 30**

25. Порода обычно мелко- и среднезернистая. Черная. Состоит из характерных ярких блестящих удлиненных кристалликов роговой обманки **роговообманковый сланец**

26. Порода состоит из мелких золотистых или серебристых листочков и чешуек мусковита или биотита, иногда с кварцем (плохо заметен), с включениями кристаллов граната. Отчетлива чешуйчатая, сланцеватая или плейчатая текстура. Цвет различный, в зависимости от состава *слюдяной сланец*

27. Порода светлой окраски белых, желтоватых, зеленоватых, голубоватых, сероватых тонов. Жирная на ощупь. Царапается ногтем. Состоит из мелких чешуек талька с восковым, жирным или перламутровым блеском *тальковый сланец*

28. Порода похожа на тальковый сланец, но более твердая, ногтем не царапается. Темно-зеленая, характерно глянцева-тая. Состоит из хлорита..... *хлоритовый сланец*

29. Порода плотная, тонкосланцеватая, иногда плейчатая, с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости, возникающим за счет тонких чешуек серицита (разновидности слюд). Цвет серый, черный, бурый, красноватый, фиолетовый, зеленоватый, пестрый. От удара звенит *филлитовый сланец (филлит)*

30. Порода, похожая на филлит, но менее плотная, от удара издает глухой звук. Легко раскалывается на тонкие плитки с матовой поверхностью. Состоит из тонких глинистых частиц с примесью пылеватых частиц кварца, иногда хлорита. Прогретая дыханием, издает характерный землистый запах (пахнет печкой). В воде не размокает. Смоченная водой, она проявляет яшмовидную окраску. Цвет серый, зеленоватый, красноватый, фиолетовый, бурый, черный, а также пестрый, полосчатый *глинистый сланец*

IX (VII б) 31 – 32

31. Порода очень плотная мелко- и тонкозернистая, сливная, массивная, иногда с полосатой или плейчатой текстурой, очень твердая, химически стойкая. Равномерно зернистая, состоит из прочно сцементированных кремнеземом зерен кварца. Окраска разная, обычно монотонная, светлых оттенков: белая, сероватая, розовая, красноватая, малиновая, сиреневая и др. Нередко со следами волноприбойных знаков (знаки ряби на валунах) *кварцит*

32. Порода по облику похожая на кварцит, но менее плотная и твердая, вскипает от разбавленной соляной кислоты. Строение крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистое. Состоит из кальцита. Цвет различный – от белого до черного, нередко пестрый, рисунчатый, более богатый, чем у кварцита *мрамор*

X (III) а – д (осадочные породы)

а. Порода состоит из обломков магматических, метаморфических и самих осадочных пород разной величины – от пылинки (0,01 мм), зернышка, горошины и лесного ореха 10 (мм) до размера кулака (100 мм) и более **XI (обломочные породы)**

б. Порода состоит из глинистых тонкодисперсных образований (размер частичек менее 0,01 – 0,001 мм) **XII (глинистые породы)**

в. Порода оолитового, пористого, плотного землистого или мучнистого строения. Состав карбонатный, хлоридно-сульфатный (возможны кристаллические выделения), железистый, марганцовистый или фосфатный **XIII (хемогенные породы)**

г. Порода плотная либо мучнистая, состоит из макро- или микроскопических скелетных останков животных или растительных организмов. Состав карбонатный, кремнистый, углистый, битуминозный..... **XIV (органогенные породы)**

д. Породы обломочно-глинистого, глинисто-карбонатного и другого смешанного состава **XV (смешанные породы)**

XI (X а) 33 – 40 (обломочные породы)

Грубообломочные породы (псефиты)

33. Обломки не связаны цементом, угловатые или округлые:

• размер обломков более 10 см: угловатые – **глыбы**; округлые – **валуны**;

• размер обломков от 1 до 10 см: угловатые – **щебень**; окатанные – **галечник**;

• размер обломков от 2 мм до 1 см: угловатые – **дресва**; окатанные – **гравий**.

34. Угловатые или окатанные обломки сцементированы (см. рис. 22Б):

• глыбы – **глыбовая брекчия**; валуны – **валунный конгломерат**;

• щебень – **брекчия**; галечник – **конгломерат**;

• дресва – **дресвелит**; гравий – **гравелит**.

Песчаные породы (псаммиты)

35. Мелкие угловатые и окатанные обломки (0,1 – 2 мм) образуют рыхлую сыпучую массу различного цвета. Порода в основном состоит из кварцевых зерен с примесью цветных минералов, придающих ей характерную окраску; без примесей – белая *пески*

- размер зерен (обломков) 1,0 – 2,0 мм *грубозернистые*
- размер зерен 0,5 – 1,0 мм *крупнозернистые*
- размер зерен 0,25 – 0,5 мм *среднезернистые*
- размер зерен 0,1 – 0,25 мм *мелкозернистые*

36. Зерна песка сцементированы в единую массу разной плотности *песчаник*

Алевритовые породы (пылеватые)

37. Порода рыхлая тонкообломочная (размер частиц 0,01 – 0,1 мм), пылеватая, светло-серая, желтоватая *аледрит*

38. Уплотненные пылеватые частицы размером менее 0,01 мм образуют легкую, однородную, макропористую породу светло-желтого, палево-желтого или серого цвета. Легко растирается между пальцами (нежная, как пудра). Вскипает при воздействии соляной кислотой *лесс*

39. Порода, похожая на лесс, но менее однородного состава *лессовидный суглинок*

40. Порода плотная, представляющая собой сцементированный алеврит. Не размокает в воде *аледролит*

ХП (Х б) 41 – 42 (глинистые породы, пелиты)

41. Порода землистая, связная, несцементированная; прилипает к языку, не хрустит на зубах. При смачивании водой образует пластичные массы и разбухает. Скатывается между пальцами в жгутик, который можно свернуть в колечко без растрескивания. Усыхая, уменьшается в объеме, издает землистый запах. При обжиге «каменеет». Состоит из глинистых минералов: каолинита, монтмориллонита и гидрослюда. Цвет белый, светло- и темно-серый, желтовато-бурый, буро-красный, коричневый, черный, голубовато-зеленый, пестрый (в зависимости от состава) *глины*

42. Порода плотная камнеподобная с неровным изломом и запахом глины. Цвет может иметь различный. Тверже глины, не размокает в воде *аргиллит*

XIII (X в) 43 – 50 (хемогенные породы)

43. Порода оолитового строения, обычно плотная, сцементированная, реже рыхлая, светлых оттенков – белая, желтоватая, серая. Состоит из кальцита. Характерно бурное вскипание от соляной кислоты **оолитовый известняк**

44. Порода плотная, пористая (ноздреватая, кавернозная), или рыхлая мучнистая. Белая, серая, желтоватая, буроватая. Нередко с отпечатками растений. Состоит из кальцита. Бурно вскипает от соляной кислоты **известковый туф (травертин)**

45. Порода, похожая на плотную разновидность известкового туфа – травертин, но тверже его и не вскипает от соляной кислоты. Состоит из кремнезема (опала). Цвет белый, желтый, бурый, красный, пестрый **кремнистый туф (гейзерит)**

46. Порода плотная либо мучнистая на изломе. Светло-желтая, буроватая. Слабо вскипает в порошке от соляной кислоты. Состоит из кальцита с примесью доломита **доломитизированный известняк**

47. Порода глиноподобная, нередко с оолитовым строением. Красная, бурая, розоватая, сероватая, беловатая. С соляной кислотой не вскипает. С водой не дает пластичной массы. Содержит алюминий с примесью железа **боксит**

48. Порода с оолитовым или землистым строением, ржаво- и желто-бурая, охряно-желтая, темно-бурая. От боксита отличается большим удельным весом. Состоит из лимонита **бурый железняк**

49. Порода, похожа по строению, но имеет характерный вишнево-красный или темно-вишневый цвет, более тяжелая. Состоит из гематита **красный железняк**

50. Порода сахаровидная, светлой окраски (белая, желтая, розовая, сероватая). Мягкая (царапается ногтем) **гипс**

XIV (X г) а – в (органогенные породы)

а. Порода плотная, белая, разных оттенков в зависимости от примесей. Состоит из микро- или макроскопических известковых скелетных останков беспозвоночных организмов. Бурно вскипает от соляной кислоты **51 – 57 (известняки)**

51. Порода обычно белая, мягкая, пишет на доске и бумаге, пачкает руки. Состоит из микроскопических раковинок фораминифер. Вскипает от соляной кислоты **мел**

52. В породе хорошо различима мелкобитая либо истертая ракушка *детритовый известняк*

53. Порода состоит из обломков и целых известковых раковин *известняк ракушечник*

54. Порода состоит из скелетов колониальных или одиночных кораллов в виде тонких, плотно прилегающих друг к другу трубочек (напоминают древесину), или более толстых разрозненных или массивных трубочек различной формы (иногда в разрезе похожи на пчелиные соты) *коралловый известняк*

55. В породе различимы фрагменты стеблей морской лилии (криноидеи) в виде разрозненных члеников, похожих на шайбочки, или соединенных вместе в виде ствола. Иногда сохраняется весь стебель и ветви «рук». Нередко встречаются иглы морских ежей *криноидный известняк*

56. Порода состоит из ракушинок, напоминающих по форме зерна ржи, ячменя или риса *фузулиновый известняк*

57. Порода состоит из плоских раковин, похожих на монеты, с концентрическим строением *нуммулитовый известняк*

б. Порода не вскипает от соляной кислоты, более плотная, белая, серая, желтоватая **58 – 60 (кремнистые породы)**

58. Порода обычно белая, похожая на мел, желтоватая или светло-серая. Очень легкая, шершавая («сухая») на ощупь, растирается в тонкий порошок. Состоит из кремнистых микроскопических панцирей диатомей *диатомит*

59. Порода, похожая на диатомит, но несколько тяжелее и почти лишена органических останков. Содержит халцедон с примесью глинистого вещества, глауконита, кварца и полевых шпатов. Цвет может быть сероватым, бурым, красным и черным *трепел*

60. Порода легкая, плотная, с плоско-раковистым изломом. Цвет светло-желтый, палевый, голубовато-серый до черного. Нередко по цвету похожа на мергель, но тверже. Бывает заметна слоистость из чередования полос разного цвета. Состоит из аморфного кремнезема с примесью глинистого вещества, скелетных частей организмов (диатомей, радиолярий, спикул губок) *опока*

в. Породы черные, темно-бурые, сравнительно легкие, богатые органическим веществом. Могут быть рыхлыми, плотными, тонкосланцеватыми, иногда вязкими. При поджигании загораются либо плавятся **61 – 65. каустобиолиты (горючие ископаемые)**

61. Порода слабо уплотненная, пористая, мягкая. Очень легкая, в воде не тонет. Желто-бурая, бурая, черно-бурая, матовая. Состоит из полуразложившихся растительных остатков. Содержит до 35 % углерода, легко загорается от спички. Окрашивает воду в характерный бурый цвет **торф**

62. Порода плотная, землистого строения, небольшой твердости (мягкая), характерного бурого или черного цвета, матовая или с жирным блеском. Пачкает руки. Содержит до 70% углерода. Загорается от спички и горит сильно коптящим пламенем с неприятным запахом **бурый уголь**

Разновидности: *лигнит* – бурый уголь, сохранивший строение древесины; *гагат* – черный, плотный, блестящий, с раковистым изломом.

63. Порода плотная, мягкая или средней твердости, черная, с жирным (смолистым) или матовым блеском. Содержит не менее 80% углерода. Возгорается от пламени **каменный уголь**

Разновидности: (по условиям образования): каменный уголь сапропелевый – *сапропелит* (темно-коричневый, легкий, матовый, пачкает руки); *богхет* – образовался за счет водорослей; *кеннельский уголь* – образовался за счет спор. Каменный уголь гумусовый – *гумолит* (черный; сплошной, плотный, полосчатый; слоистый; воспламеняется от свечи и горит ярким пламенем).

64. Порода плотного строения, средней твердости, черного цвета. Блеск яркий, металловидный, почти алмазный. Хрупкая. Содержит в среднем 95% углерода, способна гореть, но от свечи не загорается. Руки не пачкает **антрацит**

65. Порода сланцеватая, глинистая, песчанистая или известковистая, обогащенная органическим веществом. Цвет светло-серый, серовато-коричневый, бурый, темно-бурый (до черного). В сухом виде легкая, загорается от спички и горит желтым коптящим пламенем с запахом битума **горючий сланец**

Разновидности: желто-бурая с останками мшанок, трилобитов и т.д. (в горючих сланцах нередко содержатся останки ископаемых организмов) называется *кукерсит*. Горючие сланцы похожи на глинистые сланцы по сложенности и цвету, но отличаются тонкой сланцеватостью, легкостью и горючестью.

XV (X д) 66 – 68
(породы смешанного состава и происхождения)

66. Порода плотная или землистая, различного цвета. Серая, голубовато- и зеленовато-серая, желтоватая, беловатая, бурая, красно-

ватая, пестрая. Похожа на сухую глину, но плотнее и не разбухает в воде. Представляет собой смесь извести и глины. Бурно вскипает от соляной кислоты, оставляя грязную пену и пятно после реакции

..... *мергель*

67. Порода землистого строения, глинисто-песчаного состава с преобладанием глины. При растирании между пальцами чувствуются песчинки. Цвет светло-бурый, желтый, красноватый, коричневый, может быть другим. Пахнет глиной. С водой дает пластичную массу. При отмучивании в воде оседают песчинки

суглинок

Разновидности: суглинок с валунами, галькой, гравием и другими грубыми обломками – *валунный суглинок (морена)*.

68. Порода того же строения, песчано-глинистая, с преобладанием песка, обычно светло-желтая, палевая, сероватая, буроватая

..... *супесь*

Примечание: к смешанным породам XV могут быть отнесены также валунная глина, валунный песок, лёссовидный суглинок, сапропель, опока, известняк, трепел, яшма.

Заключение

Определение минералов и горных пород является важной составляющей частью курса геологии в цикле наук о Земле при обучении студентов эколого-биологической специальности. Грамотный, образованный специалист должен распознавать не только биологические объекты, но и природные камни, каковыми являются минералы и горные породы. Зная минералы и горные породы, их формы и свойства, человек раскрывает картины геологических процессов и событий, результатами и свидетелями которых были эти камни. Каменный материал несет в себе огромную информацию о вещественном и химическом составе земных недр и о геодинамических процессах в земной коре. К тому же он имеет большое практическое и эстетическое значение.

Основная часть данного пособия посвящена определению минералов и горных пород. Цель ее – активизировать самостоятельную работу студентов на практических занятиях и во время прохождения полевой практики. В "Ключе к определению минералов" приводятся в качестве критериев-тестов самые простые свойства минералов – блеск, твердость, черта, излом, спайность. Правильное определение этих свойств отправляет к названию одного или нескольких минералов, порядковый номер которых дан в описательной части. Здесь приводится подробное описание с указанием цвета и особых свойств минерала. Остается выбрать оптимально подходящий вариант.

"Краткий определитель горных пород" построен по генетическому принципу. Критериями-тестами взяты особенности строения (структура, текстура) и минералогический состав пород. Главы 4 и 5 как бы подводят итог в знании минералов.

О происхождении минералов и горных пород, их формах, свойствах и методах изучения даны сведения в трех предварительных главах. Особо выделены методы работы с паяльной трубкой для определения плавкости, получения королька и т.д. при определении химического состава минералов. Этот материал может быть полезным при проведении факультативных занятий.

В приложении даны "Указатель минералов, их разновидностей и объяснение названий", а также фотоиллюстрации образцов минералов.

Думается, что настоящее пособие принесет большую пользу, тем более что в подобных определителях ощущается весьма острый недостаток.

Литература

1. Ахметова, Г.Л. От авантюрина до яшмы / Г.Л. Ахметова, С.Ф. Ахметов. – М.: Знание, 1990. – 176 с.
2. Баландин, Р.К. Глазами геолога / Р.К. Баландин. – М.: Дет. лит., 1973. – 240 с.
3. Барская, В.Ф. Практические работы по общей геологии : учеб. пособие / В.Ф. Барская, Г.И. Рычагов. – М.: Просвещение, 1970. – 158 с.
4. Бгатов, В.И. История кислорода земной атмосферы / В.И. Бгатов. – М.: Недра, 1985. – 87 с.
5. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии : учеб. пособие / В.П. Бондарев. – М.: Высшая школа, 1978. – 192 с.
6. Бурцева, А.К. Драгоценные камни: красота, долговечность, редкость, магия, легенды, жизнь / А.К. Бурцева, Т.В. Гуськова. – М.: Примат, 1992. – 128 с.
7. Вертушков, Г.Н. Таблица для определения минералов / Г.Н. Вертушков, В.Н. Авдонин. – М.: Недра, 1980. – 295 с.
8. Геологический словарь : в 2 т. / отв. ред. К.Н. Паффенгольц. – М.: Недра, 1978.
9. Гоникман, Э.И. Ваш талисман: о лечебных свойствах драгоценных камней // Лечебная радуга камня / Э.И. Гоникман. – М.: МСП, 1997. – 272 с.
10. Данилов, А.А. Самоцветы Амурской области / А.А. Данилов. – Благовещенск: Post Scriptum, 2000. – 160 с.
11. Добровольский, В.В. Геология: учебник / В.В. Добровольский. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 320 с.
12. Жабин, А.Г. Жизнь минералов / А.Г. Жабин. – М.: Советская Россия, 1976. – 224 с.
13. Здорик, Т.Б. Удивительное в камне / Т.Б. Здорик. – М.: Планета, 1985. – 20 с.
14. Камни мира / отв. ред. Е. Ананьева – М.: Аванта, 2001. – 184 с.
15. Кантор, Б.З. Коллекционирование минералов / Б.З. Кантор. – М.: Недра, 1991. – 187 с.

16. Короновский, Н.В. Общая геология : учебник / Н.В. Короновский. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 448 с.
17. Красулин, В.С. Простейшие методы определения минералов в условиях геологического похода / В.С. Красулин. – М.: Недра, 1965. – 84 с.
18. Кузин, М.Ф. Полевой определитель минералов / М.Ф. Кузин, Н.Н. Егоров. – М.: Недра, 1974 – 232 с.
19. Курс минералогии : учеб. пособие / под ред. А.К. Болдырева, Н.К. Разумовского, В.В. Черных. – Л.: Красный Печатник, 1936. – 1051 с.
20. Лебедев, В.И. Солнечная энергия и проблемы образования сиалического слоя земной коры / В.И. Лебедев, В.М. Сеницын // Бюл. МОИП. Отдел геологический. – 1968. – Т. XI. – Вып. 1.
21. Миловский, А.В. Минералогия и петрография : учебник / А.В. Миловский. – М.: Недра, 1973. – 368 с.
22. Митчелл, Р.С. Названия минералов. Что они означают? / Р.С. Митчелл; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 248 с.
23. Музафоров, В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей / В.Г. Музафоров. – М.: Недра, 1979. – 327 с.
24. Немец, Ф. Ключ к определению минералов и пород / Ф. Немец; пер. с чеш. – М.: Недра, 1982. – 174 с.
25. Поярков, Б.В. Учение о биосфере: курс лекций / Б.В. Поярков, О.В. Бабаназарова. – Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2003. – 408 с.
26. Путолова, Л. Минералы / Л. Путолова, А. Шубников. – М.: Планета, 1978. – 26 с.
27. Самсонов, Я.П. Самоцветы СССР : справочное пособие / Я.П. Самсонов, А.П. Туринге. – М.: Недра, 1984. – 335 с.
28. Сеницын, В.М. Сиаль: историко-генетические аспекты / В.М. Сеницын. – Л.: Недра, 1972. – 167 с.
29. Синкенкенс, Дж. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней / Дж. Синкенкенс; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 423 с.
30. Смольянинов, Н.А. Как определять минералы по внешним признакам / Н.А. Смольянинов. – М.: Госгеолиздат, 1951. – 82 с.

31. Соболевский, В.И. Замечательные минералы / В.И. Соболевский. – М.: Просвещение, 1993. – 191 с.
32. Ставровский, А.Е. Определитель горных пород по внешним признакам: в помощь руководителю кружка юных туристов / А.Е. Ставровский. – М.: Московский большевик, 1939. – 50 с.
33. Толстой, М.П. Геология с основами минералогии / М.П. Толстой. – М.: Высшая школа, 1975. – 212 с.
34. Федоровский, Н.М. Определение минералов / Н.М. Федоровский. – М.: Гостехиздат, 1923. – 174 с.
35. Ферсман, А.Е. Занимательная минералогия / А.Е. Ферсман. – М.: Детгиз, 1937. – 240 с.
36. Ферсман, А.Е. Очерки по минералогии и геохимии / А.Е. Ферсман. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
37. Хёрлбат, К. Минералогия по системе Дэна / К. Хёрлбат, К. Клейн; пер. с англ. – М.: Недра, 1982. – 728 с.
38. Штрюбель, Г. Минералогический словарь / Г. Штрюбель, З. Циммер; пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 494 с.
39. Шуман В. Мир камня: в 2 т. Т. 2. Драгоценные и поделочные камни / В. Шуман; пер. с нем. – М.: Мир, 1986. – 263 с.
40. Юбельт Р. Определитель минералов / Р. Юбельт; пер. с нем. – М.: Мир, 1978. – 328 с.

Приложения

Приложение 1

Указатель минералов, их разновидностей и объяснение названий

Авантюрин (59)¹ – от итал. "аввентуре" – случайно; см. кварц.

Авгит (64) – от греч. "авгэ" – блеск, мерцание.

Агат (54) – от названия р. Ахатес (ныне Дирилло) в Сицилии; см. халцедон.

Адуляр (70) – по названию гор Адула в Альпах (Швейцария); см. полевые шпаты.

Азурит (40) – от перс. "ладжвард" – синий, лазурный (по цвету минерала).

Аквамарин (77) – от лат. "аква" – вода, "маринус" – морская, по цвету.

Актинолит (67) – от греч "актис" – луч, "литос" – камень.

Алебастр (35) – по названию г. Алабастрон в древнем Египте.

Александрит (80) – в честь русского царя Александра II; см. хризоберилл.

Алмаз (82) – от греч. "адамантос", "адамас" – неодолимый, стойкий.

Альбит (70) – от лат. альбус – белый (по цвету минерала); см. полевые шпаты.

Альмандин (76) – по месту первоначальной находки в Алабанде (Малая Азия).

Амазонит (70) – по месту предполагаемой находки на р. Амазонке; см. полевые шпаты.

Аметист (59) – от греч. "аметистос" – трезвый, не пьяный; см. кварц.

Ангидрит (50) – от греч. "ангидрос" – безводный.

Андрадит (76) – по имени португ. минералога д`Андрада Э. Сильва; см. гранат.

¹ В скобках указан порядковый номер минерала в определителе

Анортит (70) – от греч. "анортос" – косой, не прямой; см. полевые шпаты.

Антимонит (3) – от лат. "антимониум" – сурьма; см. стибнит.

Апатит (63) – от греч. "апатао" – обманываю; за имитацию других минералов.

Арагонит (46) – по месту первоначальной находки в Арагоне (Испания).

Аргентит (2) – от лат. "аргентум" – серебро; по составу.

Асбест (38) – от греч. "негасимый"; название ошибочное: загорится – не погасишь.

Астрофиллит (28) – от греч. "астра" – звезда и "филлон" – лист; за форму.

Аурипигмент (27) – от лат. "аурум" – золото, "пигмент" – цвет; по окраске.

Ахроит (74) – от греч. "ахрос" – бесцветный; см. турмалин.

Баллас (82) – возможно, от англ. ball – шар, за очертания; см. алмаз.

Барит (51) – от греч. "барис" – тяжелый, по сравнительно большому удельному весу.

Берилл (77) – от греч. "бериллос"; в древности – любые зеленые минералы.

Биксбиит (77) – в честь американского ученого М. Биксби; см. берилл.

Биотит (37) – в честь французского физика и минералога Ж.Б. Биота; см. слюды.

Бирюза (57) – от перс. "пируза" – одерживающий победу.

Боккерит (36) – см. янтарь.

Боксит (22) – по месту находки в Боксе (местность Бо, Франция).

Борт (82) – черная зернистая разновидность алмазов для абразивов.

Бриллиант (82) – от франц. "бриллиант" – блестящий; см. алмаз.

Бурый железняк (43) – за бурый цвет; см. лимонит.

Верделит (74) – от итал. "верде" – зеленый и греч. "литос" – камень; см. турмалин.

Вермикулит (37) – от лат. "червячок"; за скручивание при нагревании; см. слюды.

Вивианит (21) – в честь английского минералога Дж. Вивиана, его открывшего.

Волосатик (59) – за волосовидные включения в кварце; см. кварц.

Воробьевит (77) – по имени русского минералога В.П. Воробьева; см. берилл.

Галенит (1) – от лат. "галена" – свинцовая руда, окалина после выплавки.

Галит (31) – от греч. "галос" – морская соль.

Геданит (36) – по древнеримскому названию г. Гданьска (Геданум); см. янтарь.

Гелиодор (77) – от греч. "гелиос" – солнце и "доро" – дар; по цвету; см. берилл.

Гелиотроп (54) – от греч. "гелиос" – солнце и "тропэ" – поворот (в древности считали, что этот камень способен поворачивать солнце); см. халцедон.

Гематит (6, 44) – от греч. "гемма" – кровь; по кроваво-красному цвету.

Глауберова соль (34) – в честь немецкого химика И.Р. Глаубера.

Глауконит (20) – от греч. "глаукос" – синева-зеленый; по цвету.

Глессит (36) – glessit – янтароподобная ископаемая смола; см. янтарь.

Гипс (35) – от греч. "гипсос" – мел, штукатурка.

Горный хрусталь (59) – от нем. "берг" – гора и греч. "кристаллос" – лед; см. кварц.

Гошенит (77) – по названию горы Гошен (США), месту находки; см. берилл.

Гранат (76) – от лат. "гранум" – зерно граната.

Графит (30) – от греч. "графо" – пишу; за грифельные качества.

Гроссулярь (76) – от лат. "гроссуляриум" – крыжовник, по цвету; см. гранат.

Демантоид (76) – от нем. demantoid – алмаз; по сильному блеску; см. гранат.

Доломит (19) – в честь французского минералога Д. де Доломье.

Дравит (74) – по месту находки в районе Дравы (Австрия); см. турмалин.

Железный блеск (6) – по сильному металлическому блеску; см. гематит.

Жемчуг (47) – от кит. "гончу", перешедшего в монг. "чженьчжу".

Жильбертит (37) – см. слюды.

Змеевик (25) – см. серпентин.

Изумруд (77) – от искаженных лат. "эсмерауд" и греч. "смарagdос", так в древности называли разные зеленые минералы; см. берилл.

Ильменит (17) – по месту находки в Ильменских горах, Южный Урал.

Индиголит (74) – от лат. "индиго" – синий; за цвет; см. турмалин.

Исландский шпат (45) – по о. Исландия; см. кальцит прозрачный.

Каллаит (57) – от греч. "каллаит" – красивый камень; синоним бирюзы.

Кальцит (45) – от лат. "кальк" и "кальс" – известь.

Каолинит (18) – от кит. "Кау-линг" – высокая гора; по месту находки.

Карбонадо (82) – от лат. "карбо" – черная краска; за цвет; см. алмаз.

Карналлит (37) – в честь прусского горного инженера Р. фон Карналла.

Карнеол (54) – от лат. "корнис" – цвет ягод кизила, мяса; см. халцедон.

Карнеолоникс (54) – за полосчатую окраску; см. халцедон.

Карнаол-оникс (54) – за чередование бурых и белых лент; см. халцедон.

Кварц (59) – от нем. "кварц" – руда секущих жил (есть и другие объяснения).

Киноварь (53) – в пер. со ст.-инд. (перс.?) "кровь дракона"; за цвет.

Корунд (81) – от ст.-инд. названия минерала "каурунтака".

Кошачий глаз (59, 80) – за имитацию цвета; см. хризоберилл.

Красный железняк (44) – за вишнево-красный цвет; см. гематит.

Кремень (55) – от нем. "кизель" – кремень, галька.

Купроаурит (10) – медистая разновидность золота; за цвет.

Лабродор (70) – по месту находки у полуострова Лабродор; см. полевые шпаты.

Лазурит (62) – от перс. "азул" – небо, синь; по цвету.

Легкий шпат (35) – за небольшой удельный вес и раскалывание на бруски; см. гипс.

Лепидомелан (37) – в пер. с греч. черная чешуя; по слюдистому строению; см. слюды.

Лимонит (43) – от греч. "лимон" – луг или болото, где он образуется.

Лунный камень (35, 70) – за голубые переливы (иризацию); см. полевые шпаты.

Ляпис-лазурь (62) – от лат. – "ляпис" – камень; см. лазурит.

Магнезит (48) – magnesite, по составу: содержит магний.

Магнетит (13) – по горе Магнезия (Турция) или по имени пастуха Магнеса, открывшего этот минерал на горе Ида (Греция).

Малахит (39) – от греч. "малахе" – мальва; за зеленый цвет.

Марказит (15) – от др.-араб. "маркашитса" – огненный камень, камень-огниво, за свойство высекать искру.

Марьино стекло (35) – прозрачный гипс, похожий на листы стекла.

Медная зелень (39) – землистая разновидность малахита; по цвету.

Медная синь (40) – синяя землистая разновидность азурита; по цвету.

Медная лазурь (40) – то же, что и медная синь.

Медь самородная (9) – от лат. "купрум" – медь.

Мирабилит (34) – в пер. с лат. "соль чудесная".

Морганит (77) – в честь американского коллекционера Дж.П. Моргана; см. берилл.

Морион (59) – от лат. "морморион" (Плиний Старший); см. кварц.

Моховой халцедон (54) – просвечивающий халцедон с дендритами.

Мусковит (37) – от итал. "Муска" – Москва, откуда вывозился, как стекло; см. слюды.

Наждак (81) – от франц. "эмери" – смесь корунда, магнетита, кварца; см. корунд.

Нефелин (61) – от греч. "нефелис" – облако; за образование геля кремнезема в кислотах.

Нефрит (68) – от греч. "нефрос" – почки; применялся, как амулет от болезней почек.

Оливин (60) – от лат. "олива", "оливка", "маслина"; по оливково-зеленому цвету.

Олигоклаз (70) – в пер. с греч. "маленькая трещина"; за спайность и голубые переливы; см. пол. шпаты.

Оникс (54) – от греч. "оникс" – ноготь, копыто; за полосчатое строение; см. халцедон.

Опал (58) – от санскр. "упала" – камень, благородный камень.

Орлец (71) – уральское название родонита; по находкам в гнездах орла.

Ортоклаз (70) – в пер. с греч. "прямой" и "трещина", то есть прямо-раскалывающийся; см. полевые шпаты.

Пентландит (8) – в честь ирландского естествоиспытателя Дж. Б. Пентланда, нашедшего минерал.

Пирит (14) – от греч. "пир" – огонь; за искрение при ударе рашпилем.

Пирролюзит (16) – от греч. "пир" – огонь и "луо" – мыть, удалять; за способность минерала обесцвечивать зеленоватые стекла.

Пироп (76) – от греч. "пиропос" – огненный; по огненно-красному цвету; гранат.

Пирротин (5) – от греч. "пирротес" – краснота; за яркость окраски.

Плавиновый шпат (49) – см. флюорит.

Платина (11) – от исп. "плата" – серебришко; за ее сходство с серебром.

Полевые шпаты (70) – от нем. "фельд" – поле и греч. "спате" – пластина, за способность раскалываться на пластины по спайности.

Празем (59) – от греч. "празиос" – луково-зеленый, по цвету; см. кварц.

Празиолит (59) – от исп. "празиолита" – зеленый камень; см. кварц.

Пушкинит (73) – в честь русского сенатора М.Н. Мусина-Пушкина; местное уральское название бутылочно-зеленой разновидности эпидота; см. эпидот.

Пьемонтит (73) – по месту находки в Пьемонте, Италия; см. эпидот.

Раухтопаз (59) – от нем. "раух" – дым, и "Топазос" – остров в Красном море; дымчатый кварц.

Реальгар (29) – от араб. "реахьял-чхар" – пыль рудника или рудный порох.

Рейсин (34) – см. мирабилит.

Роговая обманка (65) – в пер. с нем. horn – рог и blenden – запутывать или обманывать, или в пер. со ст.-нем. "темные минералы".

Родонит (71) – от греч. "роза" – за характерную окраску.

Розовый кварц (59) – по цвету.

Ртутная обманка (53) – см. киноварь.

Рубеллит (74) – от лат. "рубеллус" – красноватый или розовый; см. турмалин.

Рубин (81) – от лат. "рубеус" – красный; см. корунд.

Сагениит (59) – от греч. "сагене" – сеть; см. кварц-волосатик.

Санидин (70) – от греч. "санис" – табличка, доска; см. полевые шпаты.

Сардер (54) – от г. Сардис (Малая Азия), или от араб. "сард" – желтый; см. халцедон.

Сапфир (81) – от греч. "саффейрос" – античного названия ювелирного синего камня; см. корунд.

Сапфировидный кварц (59) – за сапфирово-синий цвет.

Сапфирин (54) – за обычный сапфирово-синий цвет; см. халцедон.

Свинцовый блеск (1) – за характерный блеск; см. галенит.

Селенит (35) – от греч. "селена" – луна; за белые рефлексы минерала; см. гипс.

Сера (26) – от лат. sulfu – сера.

Серебро (12) – от англ. seolfer, связано с голланд. zilver и нем. silber.

Серебряный блеск (2) – за характерный блеск; см. аргентит.

Сердолик (54) – от греч. sardonux – сардоникс, полудрагоценный камень красного и бурого цвета; см. карнеол, халцедон

Серный колчедан (14) – по составу; см. пирит.

Серпентин (25) – от лат. "серпенс" – змея; за цвет, похожий на окраску кожи змеи.

Сибирит (74) – по месту находки в Сибири, точнее на Урале, известен с XVII века; см. турмалин.

Сидерит (42) – от греч. "сидерос" – железо; по составу.

Сильвин (32) – в честь голландского ученого Сильвиуса (XVII век).

Слюды (37) – в пер. с лат. micae – блеск, глянец или mica – зерно, крошка.

Соколиный глаз (59) – синевато-сизый кварц с узкой световой полоской, похожий по цвету на глаз сокола.

Солнечный камень (70) – по мерцанию золотистых искорок в полевоом шпате, похожих на солнечные.

Спессартин (76) – по месту находки в Спессарте (Бавария); см. гранат.

Ставролит (75) – от греч. "ставрос" – крест, "литос" – камень; за обычные крестообразные сростки.

Стибнит (3) – от лат. названия сурьмы – "стибиум"; см. антимонит.

Сурьмяный блеск (3) – по составу, см. антимонит.

Сфалерит (52) – от греч. "сфалерос" – обманчивый, предательский, не постоянный; за то, что минерал часто принимали за галенит, но он не содержал свинца.

Тальк (23) – от др.-араб. "тальк".

Тигровый глаз (59) – за световой эффект, похожий на глаз тигра; см. кварц.

Топаз (79) – от греч. "топазион" – искать или по месту находки на о. Топазос (ныне Сент-Джон) в Красном море, который часто скрывает туман.

Турмалин (74) – от сингалез. "турмали" – притягивающий золу; за пьезоэлектрические свойства.

Турмалиновое солнце (74) – лучеобразные сростки турмалина.

Тяжелый шпат (51) – за большой удельный вес и форму кристаллов; см. барит

Уваровит (76) – в честь графа С.С. Уварова, президента Имперской академии наук (1786 – 1855); см. гранат.

Флогопит (37) – от греч. "флогос" – огнеподобный; по красноватому оттенку; см. слюды.

Флюорит (49) – в пер. с лат. "течь"; за легкую плавкость по сравнению с похожими минералами.

Фосфорит (41) – по составу.

Фуксит (37) – в честь немецкого минералога Й. Фукса из Мюнхена (1774 – 1856); см. слюды.

Халцедон (54) – от греч. названия древнего г. Халкедон.

Халькопирит (7) – от греч. "халькос" – медь, "пир" – огонь; за состав и внешнее сходство с пиритом.

Хлорит (24) – от греч. "хлорос" – зеленый; за зеленоватую окраску.

Хризоберилл (80) – от греч. "золотистый" и "берилл"; за цвет и содержание бериллия.

Хризоколла (39) – от греч. "хризос" – золото, "колла" – клей, так как первоначально использовался для спайки золота.

Хризолит (60) – от греч. "хризос" – золото и "камень"; за цвет, см. оливин.

Хризопраз (54) – от греч. "хризос" – золото и "празос" – лук-порей; за цвет; см. халцедон.

Хризотил-асбест (38) – от греч. "хризос" – золото, "тилос" – волокно; за цвет, асбестоподобное строение; см. асбест.

Хромэпидот (73) – по составу; см. эпидот.

Цинковая обманка (52) – за обманчивый блеск; см. сфалерит.

Цимофан (80) – от греч. "кима" – волна, "фанерос" – видимый, явный; за опалесценцию на солнечном свете; см. хризоберилл.

Цитрин (59) – от лат. "цитриус" – лимонное дерево; от франц. "цитрон" – лимон; за желтый цвет; см. кварц.

Чароит (69) – по названию р. Чара в Якутии.

Шерл (74) – от ст.-нем. "шор" – примеси; темные минералы; см. турмалин.

Шпинель (78) – от лат. "шпинелла" – маленький шип; за форму кристаллов.

Шунгит (30) – по месту находки в Шуньге (Карелия).

Эвдиалит (72) – от греч. – "эвдиалитос" – легко растворимый в кислотах.

Эгириин (66) – от сканд. "Эгир" – бог моря; впервые найден в Норвегии.

Электрум (10) – от греч. "электрон" – янтарь; от греч. и лат. – "амбра" – за бледно-желтый цвет вещества; см. золото.

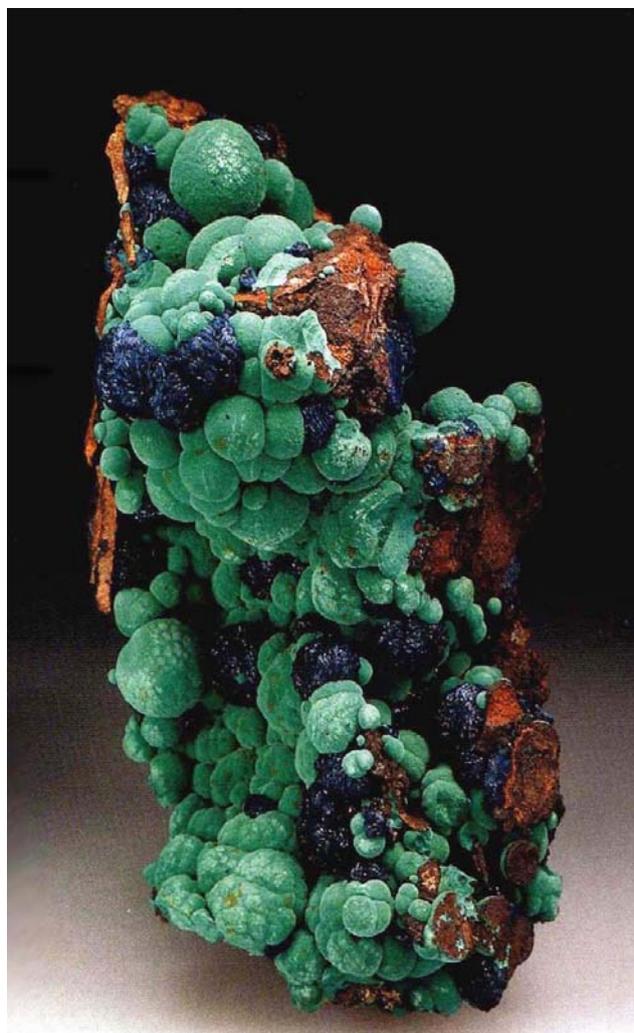
Эпидот (73) – от греч. "эпидозис" – приращение; за форму поперечного сечения кристаллов в виде параллелограмма.

Янтарь (36) – от др.-нем. "бернен", "бернштейн" – гореть, горящий камень; от араб. – "амбра", за желтый и бурый цвет.

Яхонт (81) – от греч. hyakintos; старинное название рубина, сапфира и других драгоценных камней; см. корунд.

Яшма (56) – от греч. "яспис" – пестрый или крапчатый камень; на Востоке "иешме", возможно, от кит. "ю-ши" – нефрит, за зеленый цвет; перс. "яшм"; афг. "яшаб".

Фотоиллюстрации образцов минералов



Азурит с малахитом [14]



Берилл [27]



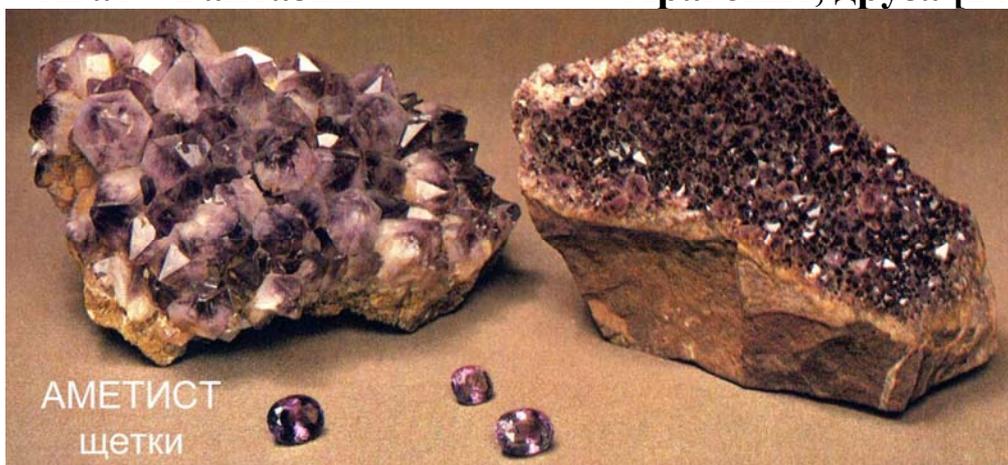
Золото самородное



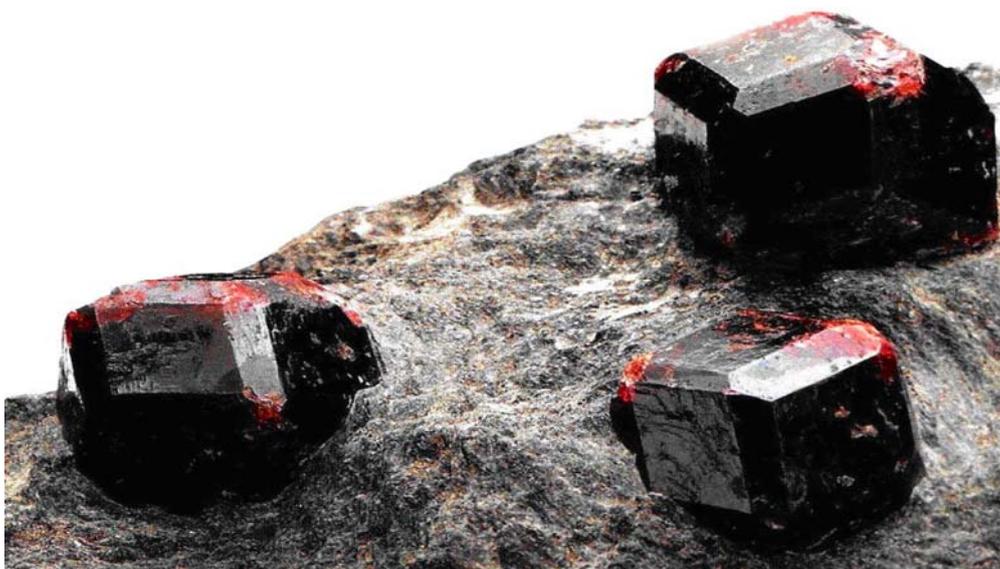
Агат «Фантазия»



Арагонит, друза [14]



Аметист, щетки [27]



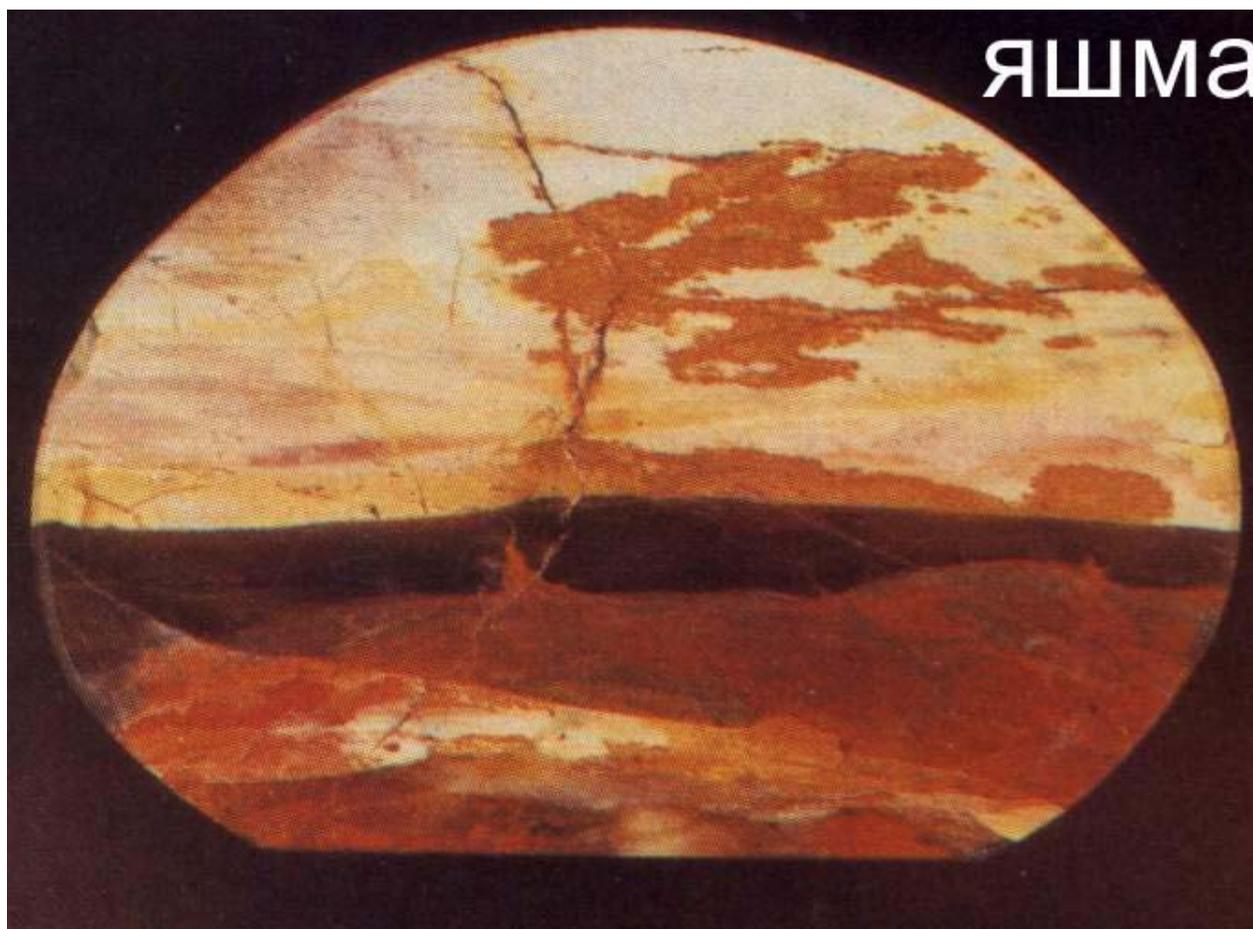
Гранат альмандин на кристаллическом сланце [14]



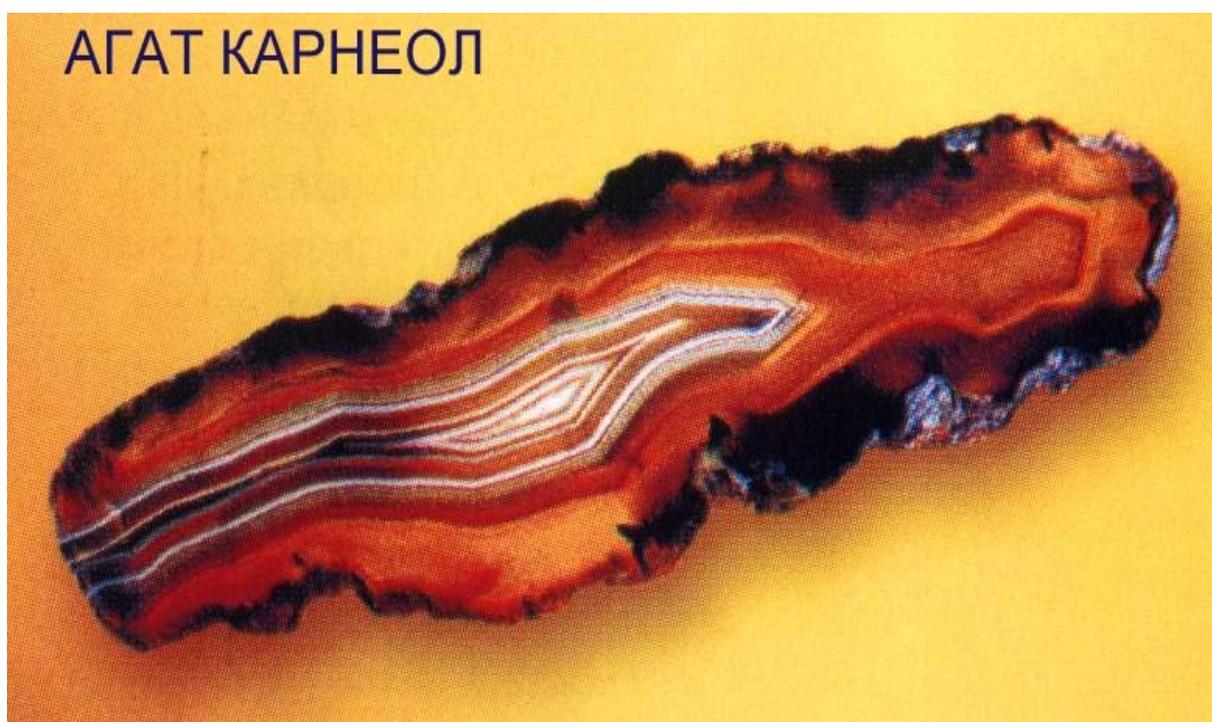
Горный хрусталь, дымчатый кварц [13]



Кремень [13]



Яшма пейзажная [13]

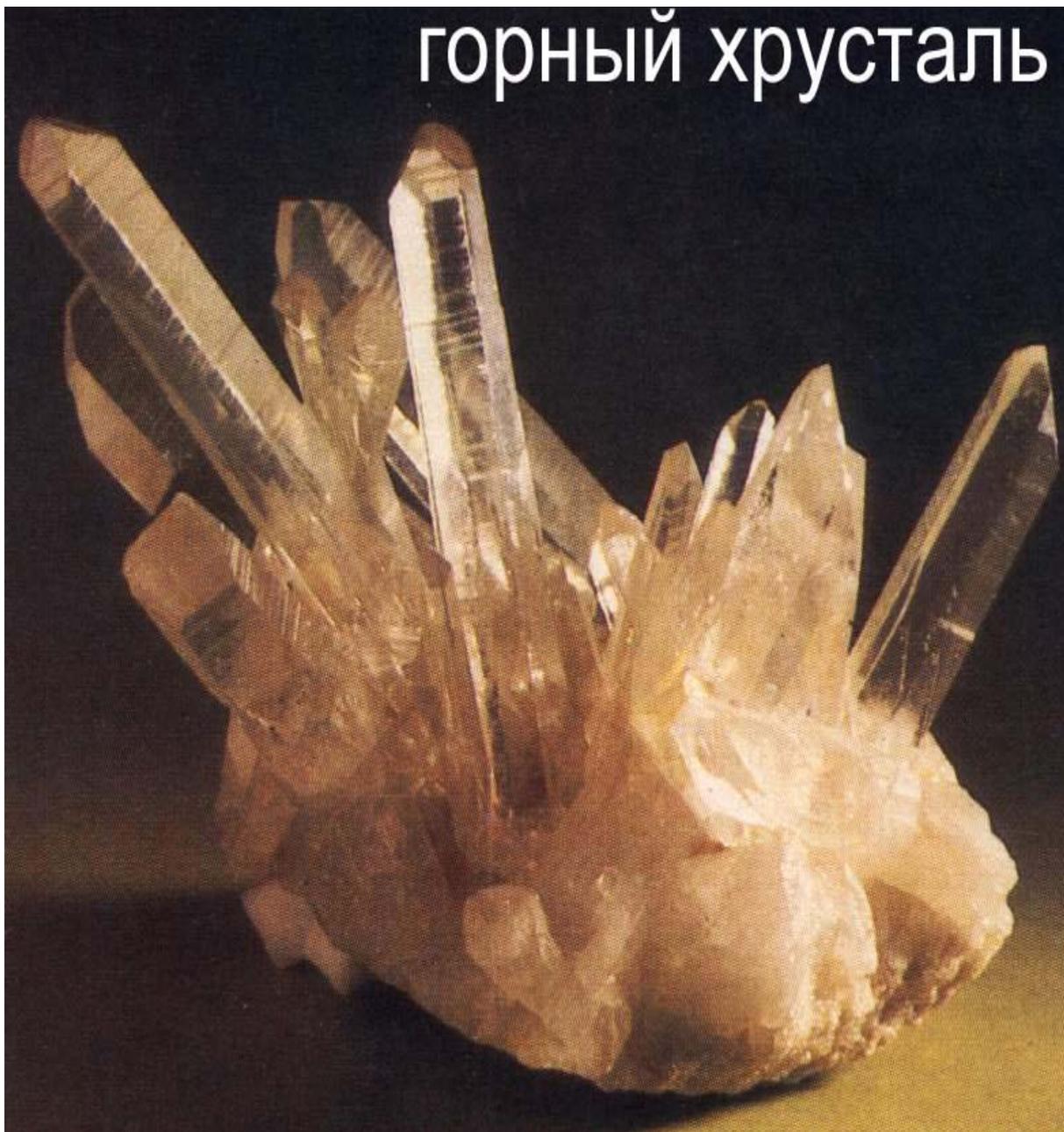


Агат карнеол [10]

РАЗНОЦВЕТНЫЕ АЛМАЗЫ (НЕОБРАБОТАННЫЕ)
размеры 6-10 мм. Коллекция ИРЕМ РАН.



горный хрусталь



Горный хрусталь

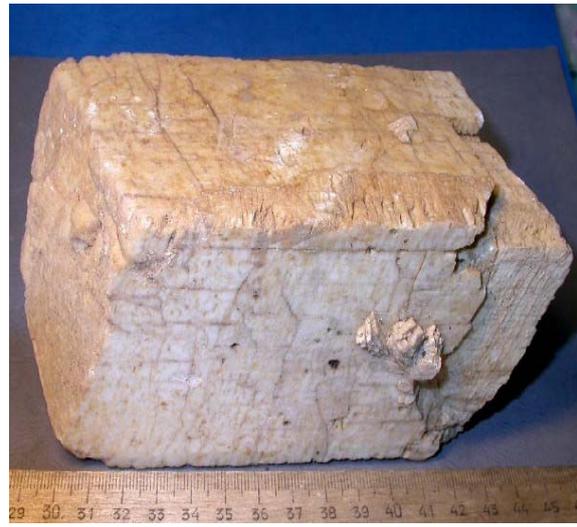
АГАТ концентрический зональный



Агат концентрически-зональный [10]



Сфалерит



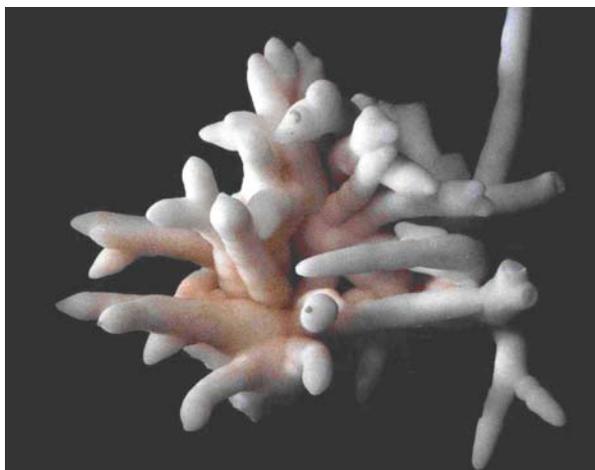
Полевой шпат



Пирит [15]



Халькопирит



Арагонитовый геликтит [14]



Гипс "Роза пустыни" [13]

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Что такое минералы и как они образуются	4
Глава 2. Морфология минералов	16
Глава 3. Свойства минералов	28
3.1. Общие свойства	29
3.1.1. Механические (физические) свойства	29
3.1.2. Оптические свойства	33
3.2. Особые свойства	35
3.3. Особые методы изучения и определения минералов ..	37
Глава 4. Определение минералов	48
4.1. Как пользоваться определителем	48
4.2. Ключ к определению минералов	50
4.3. Описание минералов	53
Глава 5. Горные породы	70
5.1. Общая характеристика	70
5.2. Краткий определитель горных пород	75
Заключение	86
Литература	87
Приложения	90
Приложение 1. Указатель минералов, их разновидностей и объяснение названий	90
Приложение 2. Фотоиллюстрации образцов минералов	99

Учебное издание

Муравин Евгений Сергеевич

Определитель минералов

Учебное пособие

Редактор, корректор О.Н. Скибинская
Компьютерная верстка И.Н. Ивановой

Подписано в печать 20.10.2006 г. Формат 60x84/16.
Бумага тип. Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 6,09.
Тираж 150 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Ярославский государственный университет.
150000 Ярославль, ул. Советская, 14.

Отпечатано
ООО «Ремдер» ЛР ИД № 06151 от 26.10.2001.
г. Ярославль, пр. Октября, 94, оф. 37
тел. (4852) 73-35-03, 58-03-48, факс 58-03-49.