

Министерство образования Российской Федерации
Российский государственный университет нефти и газа
им. И.М.Губкина

Кафедра геологии

Леонова Е.А.

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

Часть 1 Породообразующие минералы

Москва
2003 г.

Министерство образования Российской Федерации

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

Кафедра геологии

Леонова Е.А.

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

Часть 1 Породообразующие минералы

под редакцией профессора Гаврилова В.П.

Для студентов специальностей:

080400 "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых"
080500 "Геология нефти и газа"
090600 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений"
090700 "Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ"
090900 "Оборудование и агрегаты нефтегазового производства"

Москва
2003 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Зарождение минералогии.....	5
Генезис минералов.....	8
Формы нахождения минералов в природе.....	12
Диагностические признаки минералов.....	16
Кристаллическая форма.....	17
Цвет.....	18
Цвет черты.....	20
Блеск.....	20
Прозрачность.....	21
Спайность.....	21
Излом.....	23
Твёрдость.....	24
Удельный вес (плотность).....	25
Магнитные свойства.....	27
Реакция с соляной кислотой.....	27
Растворимость в воде.....	27
Иризация.....	28
Побежалость.....	28
Вкус.....	28
Двойное лучепреломление.....	28
Классификация минералов.....	29
Описание основных породообразующих минералов по классам.....	30
Класс самородные элементы.....	30
Класс сульфиды.....	33
Класс окислы и гидроокислы.....	37
Класс галоиды.....	45
Класс карбонаты.....	47
Класс фосфаты.....	50
Класс сульфаты.....	52
Класс силикаты.....	54
Классификация класса силикаты.....	56
Класс углеводородные соединения.....	65
Сводная таблица (Характеристика основных породообразующих минералов).....	72
Литература.....	82

ВВЕДЕНИЕ

На кафедре геологии Российского университета нефти и газа им. И.М.Губкина с 1930 г. читается курс «Общая геология» для студентов геологов и геофизиков. Важное место при проведении лабораторных занятий отводится изучению породообразующих минералов и горных пород. Эти же темы изучаются студентами факультетов разработки нефтяных и газовых месторождений, проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта и инженерной механики в рамках учебного курса «Геология», также читаемого преподавателями кафедры. Таким образом, ежегодно более 300 студентов университета работают с кафедральной коллекцией минералов и горных пород, причём значительная часть времени отводится на самостоятельное изучение. Между тем на кафедре отсутствовало современное учебное пособие по этим вопросам, с помощью которого студенты могли бы самостоятельно и под руководством преподавателя получать системные знания и устойчивые навыки определения минералов и горных пород. С целью восполнения этого пробела подготовлено настоящее учебное пособие, состоящее из двух частей: часть I – «Породообразующие минералы», часть II – «Горные породы».

В учебном пособии, посвященном породообразующим минералам содержатся основные сведения по генезису, формам нахождения минералов в природе, их свойствам. Акцент делается на диагностических признаках, которые позволяют в полевых условиях определить и классифицировать минерал.

В пособии рассматривается классификация минералов и даётся описание основных породообразующих минералов по классам.

С целью упрощения усвоения материала, его систематизации, в конце пособия приводится сводная таблица характеристик основных породообразующих минералов. С её помощью студент может самостоятельно изучать минералы и определять их диагностические признаки.

Для повышения эффективности самостоятельной работы подготовлена электронная версия учебного пособия. В ней значительно расширена иллюстрационная база по каждому минералу, причем образцы показаны в цвете. Информация записана на CD и любой студент может ею воспользоваться на кафедре. Кроме того, пособие опубликовано в Интернете по адресу:

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

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

При составлении пособия использовался также обширный материал интернет-сайтов (<http://klopotow.narod.ru>; <http://students.web.ru>; <http://belarusnature.sotela.com>; <http://www.ngrt.ru>; <http://cafe.pti.ru>; <http://www.alhimik.ru>; <http://www.geol.msu.ru>; <http://ggd.nsu.ru>; <http://www.fine-minerals.ru>; <http://gems-jewelry.boom.ru>; <http://www.fmm.ru>; <http://www.krsk.info>; <http://www.oculus.com.ua>; <http://sevos.alanianet.ru>; <http://geo.web.ru>; <http://gemma.hotmail.ru>; <http://astro.rin.ru>; <http://consib.webzone.ru>; <http://stones.mrsu.ru>; <http://www.idel.ru>; <http://kutaisi.iatp.org.ge>; <http://jewelry.sotela.com>; <http://wtorov.narod.ru>; <http://klavrinenko.narod.ru>; <http://www.vniitf.ru>; <http://australia.fromru.com>; <http://capusta.narod.ru>; <http://murmansk.aspol.ru>; <http://sami-s-usami.narod.ru>; <http://www.academ.org>; <http://home.lanet.lv>; <http://biser.vipshop.ru>; <http://wm585.hut.ru>; <http://citi.cv.ua>; <http://www.geology.pu.ru>; <http://www.giscenter.ru>; <http://www.uic.bashedu.ru>; и др.), за что автор благодарит их создателей.

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

ЗАРОЖДЕНИЕ МИНЕРАЛОГИИ.

Минералогия – одна из древнейших отраслей естествознания... В различные исторические эпохи менялось понимание ее вопросов – человек подходил к ним с резко различных точек зрения, но область знания оставалась одной и той же.

В. И. Вернадский, 1923 г.

Согласно современным представлениям под **м и н е р а л о м** следует понимать природные химические элементы или их соединения, составные части горных пород и руд, большей частью твердые, в меньшей степени жидкие (самородная ртуть, вода) и газообразные (горючие газы, углекислый газ, метан) и обладающие определенными физико-химическими характеристиками (В.Н.Павлинов, 1988).

В природе известно более 4 тысяч минералов, однако, наибольшее распространение получили лишь 30-40 из них, играющих наиболее существенную роль в сложении горных пород и геосфер Земли. Минералы, содержание которых в породах более 5% получили название **п о р д о о б р а з у ю щ и х** (их известно около 350), а минералы, присутствующие в породах в количестве менее 5% называются **а к ц е с с о р н ы м и**. В настоящем пособии речь пойдет о породообразующих минералах.

Изучением минералов, их химического состава, внутреннего строения, условий образования и закономерностей распространения занимается наука **м и н е р а л о г и я**¹.

Истоки минералогии теряются в глубине веков. Тысячи лет назад человек впервые познакомился с камнем, и вся дальнейшая история минералогии – это процесс познания человеком камня, его свойств, состава и генезиса.

Первые камни, использованные человеком, так называемые аморфолиты, представляли собой естественные обломки различных пород – изверженных, осадочных и метаморфических. Природа поставляла их в готовом виде. Многие тысячелетия потребовались первобытному человеку для того, чтобы понять, что эффективность камня резко возрастает, если ему придать необходимую форму. С этого времени начинается, по сути, история разумного освоения камня-минерала.

Первая попытка представить более точное, научное описание минералов и установить для них систему принадлежит саксонскому натуралисту и врачу Г.Агриколе (1490 - 1555), который классици-

¹ Термин «минералогия», был введен в 1636 г. итальянским ученым Б.Цезием, и происходит от лат. «минера» – руда и «логия» - учение.

цирует минералы по их форме, цвету, блеску, твердости и спайности. В 1670 г. Э.Бартолином (1625 - 1698) было открыто явление двойного лучепреломления в известковом шпате.

Развитие отечественной минералогии связано с именем гениального русского ученого М.В.Ломоносова (1711-1765). В его трудах «Слово о рождении металлов от трясения Земли», «О слоях земных» и др. приводятся многочисленные практические указания по поискам руд.

Почти в то же самое время датский естествоиспытатель Н.Стенон (Стено) (1638-86), высказал идею о постоянстве граничных углов в кристаллах некоторых минералов, т.е. сформулировал основной закон кристаллографии. Английский химик и физик Р.Бойль (1627-91), сделал различные открытия в области химической минералогии.

Особенного расцвета учение о форме кристаллических минералов достигло в конце XVIII в., благодаря Роме де Лиллю, который первым описал и изобразил до 500 правильных форм. Он доказал общность закона постоянства граничных углов для кристаллов всякого вещества, как бы изменчивы ни были относительные размеры граней, пересечением которых углы образованы.

Французский кристаллограф и минералог Р.Ж.Гаюи (1743-1822) впервые доказал тесную связь между химическим составом и кристаллической формой. Изучая явления спайности в кристаллах, он пришел к созданию теории структуры кристаллов и доказал возможность выведения различных кристаллических форм из одной элементарным наложением ее слоев один на другой. Правильность взглядов с химической стороны подтверждалась анализами немецкого химика М.Г.Клапрота (1743-1817) и др.

Развитие минералогии в России в это время связано с именами таких известных ученых как В.М.Северин (1765-1826), Д.И.Соколов (1788-1852), Н.И.Кокшаров (1818-1892), П.В.Еремеев (1830-1899).

Одновременно с Р.Ж.Гаюи, в Германии, во Фрейбергской горной школе, немецкий геолог и минералог А.Г.Вернер (1749-1817) разрабатывал минералогию в ином направлении, обращая внимание главным образом на физико-химические свойства минералов. Предложенная им классификация минералов имеет химический характер. В этом же направлении работал немецкий минеролог Ф.Моос (1773 - 1839). Известный шведский химик и минеролог Й.Я.Берцелиус (1779-1848) рассматривал минералогию как часть химии.

Следующий этап в развитии минералогии связан с открытием периодической системы химических элементов Д.И.Менделеевым (1834-1907), с трудами А.М.Бутлерова (1826-1886), заложившего ос-

новы химического строения вещества. С именем Е.С.Федорова (1853-1919) связано появление теории строения кристаллов.

С этого времени в минералогии начинают обособляться два направления: химическое и геометрическое.

Химическое направление скоро обогатило ее новыми открытиями. Немецкий ученый Э.Митчерлих (1794-1863) показал, что многие тела, имеющие различный, но сходный состав, кристаллизуются в подобных формах и способны давать кристаллы смешанного состава, что привело его к понятию об изоморфизме, объяснившего некоторые стороны химизма минералов. В это время участие химиков сказывается особенно сильно. Аналитические работы немецкого минералога и кристаллографа Г.Розе (1798-1873), немецкого химика Р.В.Бунзена (1811-99) и др. показали, что многие минералы имеют простой химический состав, который выражается весьма точно определенными химическими формулами; другие же, и между ними самые распространенные, представляют различного рода смеси.

Геометрическое направление, занимающееся изучением математической связи между элементами огранения кристаллов было разработано в работах немецкого минералога и геолога К.Ф.Науманна (1797-1873) и др. Изучение световых явлений в окристаллованных минералах шотландским физиком Д.Брюстером (1781-1868), немецким физиком Ж.Б.Био (1774-1862) и др. привело к мысли о тесной связи между внешней формой (симметрией) и оптическими явлениями.

Следующий этап минералогии связанный с именами многих выдающихся ученых: Н.В.Кокшарова (1818-1893), Ф.Клейна (1849-1925) и др. заключался в накоплении всесторонних сведений о минералах, с целью установления их естественной классификации.

Несколько позднее сформировалось новое направление в минералогии, занимающееся изучением истории минералов, объяснением их происхождения. Методы искусственного получения минералов разрабатывались Э.Фреми (1814-94) и др.

В целом успехи химии и ее роль в развитии минералогии к концу XIX в. настолько возросли, что вступление минералогии на рубеж XIX—XX веков в ее новый, современный этап ознаменовалось рождением в ней новой науки - геохимии, а сама минералогия нередко стала толковаться как химия земных процессов. В этом большую роль сыграла деятельность выдающихся русских минералогов В.И.Вернадского (1863— 1945) и А.Е.Ферсмана (1883—1945).

Академик В.И.Вернадский широко известен как реформатор минералогической науки, основоположник современной генетической минералогии и один из создателей геохимии. Он определял минералогию как историю минералов земной коры и как химию

земных процессов, придавал важнейшее значение исследованию процессов образования минералов и их связи с геологической обстановкой. Большое внимание он уделял вопросам химической конституции минералов, видя в ней основу естественной классификации природных соединений. Для важнейшего в земной коре класса соединений—силикатов В.И.Вернадский создал общую теорию их химического строения, убедительно доказав одинаковую химическую роль кремния и алюминия в этой категории минералов.

В развитие минералогии этого периода значительный вклад внес академик А.Е.Ферсман. Он положил начало учению о типоморфизме минералов — зависимости морфологии, состава, свойств минералов от условий их образования; развил идею последовательности образования минералов в месторождениях в зависимости от энергетики процесса; предложил метод приближенного расчета энергий кристаллических решеток минералов, дал одну из первых теорий о природе окраски минералов. Труды американского физика и химика Л.К.Полинга (1901-94) и других ученых положили начало новому течению в минералогии — расшифровке кристаллических структур минералов.

В настоящее время минералогия занимается изучением кристаллохимии, физики минералов, исследует закономерности образования минералов. Большая роль отводится экспериментальной минералогии, которая является одним из составных элементов генетической минералогии, а также работ по синтезу технически ценных кристаллов – аналогов минералов.

ГЕНЕЗИС² МИНЕРАЛОВ.

Большинство минералов образуются при геологических процессах, происходящих в земной коре или на ее поверхности. Однако как природные продукты они могут возникать также во внутренних оболочках Земли и в космическом пространстве.

Процессы образования минералов, как и горных пород, в зависимости от условий, в которых они протекают, делятся на эндогенные и экзогенные (*табл. 1*).

Эндогенные процессы связаны с внутренней энергией Земли и возникают за счет привноса из глубоких частей земной ко-

² *Генезис* (греч. – происхождение) – совокупность явлений, обусловленных геологической обстановкой, физико-химическими особенностями среды минералообразования и течением реакций, приводящих к образованию вещества минералов, но, кроме того, и такие явления образования минералов, как их зарождение, рост и последующие изменения (по определению В.Д.Никитина).

ры и мантии вещества в виде магмы, жидких или газообразных эманаций, под влиянием высоких температур и давлений.

В свою очередь, эндогенные процессы образования минералов подразделяются на магматогенные, связанные с кристаллизацией магмы, и метаморфогенные, связанные с изменением ранее образовавшихся минералов, главным образом в виде их перекристаллизации в твердом состоянии, из-за изменения термодинамических условий (температуры, давления).

Табл. 1

Генезис минералов.

Эндогенные (связаны с внутренней энергией Земли)	Магматогенные (связаны с эволюцией магм)	Собственно магматический – минералообразование происходит за счет кристаллизации минералов непосредственно из магмы (оливин, авгит, полевые шпаты, кварц и др.). Температура минералообразования - 1200-700°C.
		Пегматитовый - процесс кристаллизации минералов из остаточных магматических расплавов (кварц, калиевые полевые шпаты, мусковит и др.). Температура минералообразования - 700-350°C.
		Пневматолитово-гидротермальный - постмагматический процесс, связан не с самой магмой, а с летучими компонентами, которые содержались в ней (галенит, сфалерит, халькопирит, флюорит и др.). Температура минералообразования - от 400 до 50°C.
	Метаморфогенные (связаны с изменением ранее образовавшихся минералов)	Регионально-метаморфический – процесс изменения, перекристаллизации ранее существовавших минералов происходит в условиях, когда тектонические перемещения охватывают большие площади и целые области земной коры оказываются погруженными на значительные глубины в условиях больших температур и давлений (графит, тальк, хлорит, серицит, корунд и др.)
		Контактово-метаморфический – процесс минералообразования протекает в зоне контактов внедряющихся магматических масс с вмещающими породами, помимо теплового воздействия от магматических масс значительное влияние оказывают газожидкие растворы, выделяемые магматическими расплавами (эпидот, авгит, магнетит и др.).
		Метасоматоз - процесс интенсивного привноса или выноса новых веществ. сопровождается замещением первичных минералов химически активными веществами.
Экзогенные (связанные с внешней энергией Земли)	Выветривание - связано с процессами воздействия на минералы и породы, выходящие на поверхность, колебаний температуры, замерзания воды и кристаллизации солей, движения ледников, ветровой деятельности, поверхностных и подземных вод с растворенными в них минеральными солями, кислорода, углекислоты, минеральных кислот, животных и растительных организмов (каолинит, лимонит, гидроокислы алюминия, входящие в состав бокситов и др.).	
	Перенос продуктов выветривания - дополнительное разрушение продуктов выветривания приводит к концентрации наиболее устойчивых минеральных видов и образованию россыпей (золото, платина, алмаз, олово и др.).	
	Осадконакопление – отложение в морских, речных и озерно-болотных водоемах продуктов выветривания, которые поступают туда во взвешенном или растворенном состоянии. В зависимости от природы осаднения различают механические, химические и биохимические осадочные процессы и соответствующие осадки.	
	Диagenез - обезвоживание, раскристаллизация, замещение. Осадочный процесс минералообразования приводит к образованию таких минералов, как галит, сильвин, кальцит, доломит, гипс, ангидрит, окислы и гидроокислы железа, марганца, алюминия.	

Среди *магматогенных* выделяются процессы минералообразования, соответствующие различным стадиям эволюции

магматических расплавов: собственно магматический, пегматитовый, пневматолитово-гидротермальный.

С о б с т в е н н о м а г м а т и ч е с к и й .

Минералообразование происходит за счет кристаллизации минералов непосредственно из магмы³.

Температура минералообразования при собственно магматических процессах оценивается в 700-1200°C. По мере охлаждения магмы первыми из нее кристаллизуются минералы, имеющие более высокую температуру плавления, железно-магнезиальные, бедные SiO₂, которые затем сменяются более низкотемпературными минералами. Собственно магматическое происхождение могут иметь такие минералы, как оливин, авгит, полевые шпаты, кварц и др.

П е г м а т и т о в ы й

(греч. пегматос – крепкая связь). По мере кристаллизации из магмы собственно магматических минералов она все более обогащается летучими компонентами, превращаясь в остаточный магматический расплав. Летучие вещества делают остаточный расплав более подвижным, способным проникать в верхние части интрузии и во вмещающие породы. Процесс кристаллизации минералов из остаточных магматических расплавов протекает в интервале температур 700-350°C. Наиболее характерными минералами пегматитового происхождения являются кварц, калиевые полевые шпаты, мусковит и др.

П н е в м а т о л и т о в о – г и д р о т е р м а л ь н ы й

(греч. пневматос – пар, дыхание, лисис – распад, гидро – вода, термо – тепло). С понижением температуры растворимость летучих веществ в магматическом расплаве падает, количество их становится избыточным и они обособляются от расплава в самостоятельную газовую фазу. Процесс пневматолитово-гидротермального минералообразования принадлежит уже к группе постмагматических процессов, так как связан уже не с самой магмой, а с летучими компонентами, которые содержались в ней.

При дальнейшем охлаждении газовой фазы она постепенно переходит в состояние гидротермального раствора.

Пневматолитово-гидротермальное минералообразование происходит в температурном интервале 50-400°C. Примерами типичных для него минералов являются галенит, сфалерит, халькопирит, флюорит и др.

³ *Магма* (греч. - тесто, густая мазь) – расплавленная огненно-жидкая масса, возникающая в земной коре или верхней мантии. Магма состоит из SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MgO, CaO, K₂O, Na₂O, H₂O, TiO₂, MnO, P₂O₅, CO₂ и др.

В метаморфогенных процессах выделяют регионально- и контактово-метаморфические.

Регионально – метаморфический.

Процесс изменения, перекристаллизации ранее существовавших минералов происходит в условиях, когда тектонические перемещения охватывают большие площади и целые области земной коры оказываются погруженными на значительные глубины в условиях больших температур и давлений. В новых условиях происходит перегруппировка минеральных компонентов, изменение физических и химических свойств с образованием новых минеральных видов таких, например, как графит, тальк, хлорит, серицит, корунд и др.

Контактово – метаморфический.

Процесс минералообразования протекает в зоне контактов внедряющихся магматических масс с вмещающими породами.

Метасоматоз

(греч. мета – между, сома – тело). Процесс метасоматоза возникает, когда на вмещающие породы помимо теплового воздействия от магматических масс значительное влияние оказывают газожидкие растворы, выделяемые магматическими расплавами. Протекают обменные реакции. Вместо ранее существовавших минералов образуются другие, более устойчивые в новых термодинамических условиях, например, эпидот, авгит, магнетит и др.

Экзогенные процессы минералообразования происходят в условиях земной поверхности при относительно низких температурах и давлении; их энергетическим источником является внешняя (солнечная) энергия. К ним относятся механическое, биохимическое выветривание (разрушение) ранее существовавших пород и минералов, перенос и отложение продуктов разрушения и процессы превращения осадка в осадочную горную породу (диагенез).

Выветривание.

Образование минералов связано с процессами воздействия на минералы и породы, выходящие на поверхность, колебаний температуры, замерзания воды и кристаллизации солей, движения ледников, ветровой деятельности, поверхностных и подземных вод с растворенными в них минеральными солями, кислорода, углекислоты, минеральных кислот, животных и растительных организмов. Сложные физико-химические и биохимические преобразования приводят к замене некоторых ранее существовавших минералов другими, более устойчивыми в поверхностных условиях, например, такими, как каолинит, лимонит, гидроокислы алюминия, входящие в состав бокситов и др.

Продукты выветривания захватываются поверхностными водами, ветром и переносятся.

Перенос

сопровождается дополнительным разрушением продуктов выветривания, что приводит к концентрации наиболее устойчивых минеральных видов и образованию так называемых россыпей. Таким путем могут образовываться месторождения золота, платины, алмазов, олова и др. Легкорастворимые соединения переходят в растворы.

Осадконакопление.

Вслед за переносом продукты выветривания во взвешенном или растворенном состоянии поступают в морские, речные и озерно-болотные водоемы, где и происходит их отложение. В зависимости от природы осаднения различают механические, химические и биохимические осадочные процессы и соответствующие осадки.

Диagenез.

Сразу же после отложения осадка происходит его обезвоживание, раскристаллизация, замещение. Осадочный процесс минералообразования приводит к образованию таких минералов, как галит, сильвин, кальцит, доломит, гипс, ангидрит, окислы и гидрокислы железа, марганца, алюминия.

По своему происхождению минералы бывают первичными и вторичными. **П е р в и ч н ы м и** называют такие, которые произошли непосредственным выделением из раствора, при остывании лав или же образующиеся возгонкой по трещинам и в кратерах вулканов. **В т о р и ч н ы м и** называют минералы, которые образовались вследствие разрушения и изменения первичных минералов под воздействием различных экзогенных и эндогенных факторов.

Нередко один и тот же минерал образуется в природе различными путями, при этом в одних случаях он первичный, а в других - вторичный. К примеру, гипс: в случае осаднения из морской воды он будет первичным; а если образуется в результате разложения известкового шпата - вторичным минералом. Однако далеко не всегда можно с уверенностью определить, является ли тот или иной минерал первичным или вторичным.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ.

В природе кристаллические минералы встречаются как в виде одиночных кристаллов или их сростков, так и в виде скоплений, называемых **м и н е р а л ь н ы м и а г р е г а т а м и**.

Дендриты получаются при быстрой кристаллизации минералов, а также при кристаллизации в тонких трещинах или вязком веществе (например, мокрой глине), когда отдельные кристаллики нарастают друг на друге, образуя фигуры, напоминающие ветви дерева (самородная медь, серебро, марганец) (рис. 1).



Рис. 1 Дендриты окислов марганца в халцедоне.



Рис. 2 Друза аметиста.

Друзы — это группы кристаллов, выросших перпендикулярно или почти перпендикулярно поверхности трещины, стенки жилы или полости в горной породе (рис. 2). Важнейшее явление при образовании друз — так называемый геометрический отбор. Сначала на стенку нарастают одиночные разноориентированные кристаллы. Разрастаясь затем, они соприкасаются друг с другом, утыкаются друг в друга, сами себе мешают расти. Продолжают расти только те кристаллы, вектор роста которых ориентирован в сторону свободного пространства, т.е. в свободную полость нормально к поверхности трещины. В этом и заключается естественный геометрический отбор кристаллов. Они продолжают вытягиваться, постепенно формируя друзу. Мелкие друзы образуют щетки, корки (горный хрусталь, кальцит).

Двойники. Для некоторых минералов характерно образование не только одиночных кристаллов, но и их двойниковых сростков, или двойников (рис. 3).



Рис. 3 Двойник кварца.

Различают двойники срастания и двойники прорастания. В первых, индивиды разграничены по плоскости, они как бы соприкасаются друг с другом. Во вторых, кристаллы либо обрастают друг друга, либо насквозь проникают один в другой, соприкасаясь по сложной извилистой (ступенчатой) поверхности.

Конкреции или желваки — шаровидные, сплюснутые, неправильно округлые агрегаты радиально-лучистого строения (рис. 4). В центре конкреции нередко находится зерно, которое служило центром стяжения при росте конкреции. Кристаллы нарастают в виде радиально расположенных лучей, а кон-

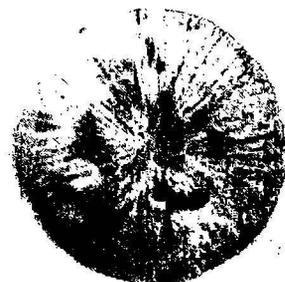


Рис. 4 Конкреция фосфорита.

концы их образуют очертания конкреции. Чаще всего конкреции образуются в пористых осадочных породах – песках, глинах; также они свойственны для кальцита, пирита, марказита, кремня, фосфоритов. Размер конкреций варьирует от миллиметров до десятков сантиметров.

Секрети получаются тогда, когда какая-либо полость в горной породе заполняется минеральным веществом (рис.5). Заполнение идет по направлению от стенок пустоты к центру. Часто в центре секретий располагаются друзы.

Миндалины представляют собой секретии размером до 10 мм, обычно полностью заполненные минеральным веществом (рис.6).

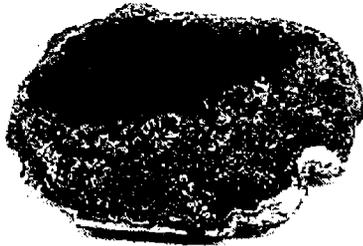


Рис.5 Секретия, состоящая из агата.

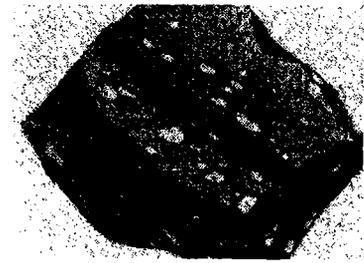


Рис.6 Миндалины в породе, выполненные халцедоном.

Жеодами называются крупные секретии (рис.7), отчасти заполненные минеральным веществом (аметист, кальцит, горный хрусталь). Обычно они образуются, если в пустоту проникает минералообразующий раствор и выделяющиеся из него кристаллы оседают на стенках, давая друзы, причем в середине обычно остается свободное пространство.



Рис.7 Жеода кварца.

Оолиты образуются в тех случаях, когда минерал осаждается из раствора на какие-нибудь зернышки – песчинки, тела бактерий, прикрывая их как бы скорлупками, налегающими одна на другую (арагонит, лимонит). В результате этого процесса получается скопление оолитов – шариков минерала с концентрически-скорлуповатым строением, иногда волокнистым, соединенных между собою минеральным цементом сходного состава (рис.8). Они имеют концентрически-скорлуповатое строение,

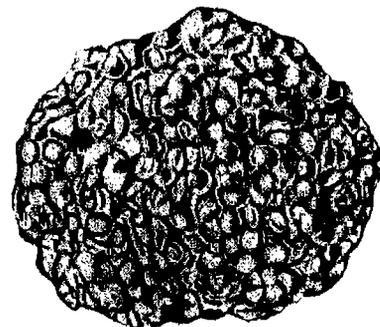


Рис.8 Оолитовые стяжения.

обязанное ритмичной смене условий минералообразования. Наиболее часто оолиты образуются в горячих источниках, в придонных озерных и морских илах и являются характерными для сложения некоторых разновидностей бокситов, марганцевых, железных руд. Размеры оолитов – от миллиметров до нескольких сантиметров.

Натечные формы возникают обычно за счет коллоидных растворов, при их испарении в пустотах горных пород (кальцит). Постепенно теряя воду, эти растворы густеют и под влиянием силы тяжести свисают с верхних частей пустот в виде сталагмитов, гроздевидных, почковидных и других форм и затем затвердевают. В нижних частях пустот за счет па-

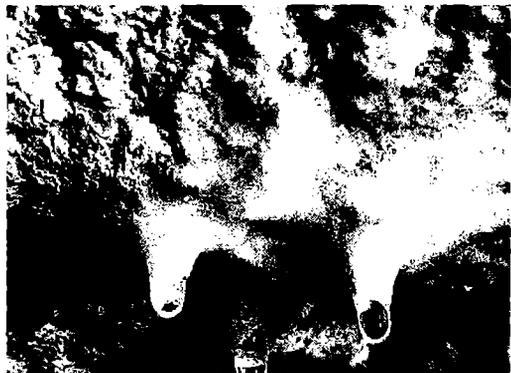


Рис.9 Натечные формы дающих
кальцита. капель

возникают растущие кверху конусообразные сталактиты (рис. 9).

Различают также щётки (рис. 10), корки, налеты и выцветы, представляющие собой тонкие слои минерала и покрывающие поверхность горных пород, трещин и пустот.

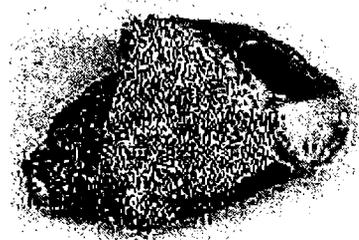


Рис.10 Щетка пирита.

Среди минеральных агрегатов по облику зерен выделяют зернистые, землистые, игольчатые, плотные и листоватые. Они представляют собой сплошные массы произвольно сросшихся зерен одного или нескольких минералов. Каждое зерно – это неогранившийся, неоформившийся кристалл, выросший в стесненных условиях.

Зернистые минеральные агрегаты - представляют собой образования, на поверхности которых можно выделить отдельные зерна минералов (рис. 11).

Землистые агрегаты – мягкие, мучнистые образования, в которых отдельные зерна невозможно различить даже с помощью лупы (рис. 12). Они обычно возникают в виде корок или же скоплений на месте разрушения (выветривания) горных пород (каолинит, лимонит).

Игольчатые (волокнистые) минеральные агрегаты характеризуются тем, что на их поверхности видны отдельные иголки или волокна минералов (рис. 13).

Плотные (массивные или сплошные) агрегаты – когда зерна очень маленькие и контуры отдельных зерен не различимы на глаз (халцедон, опал) (рис. 14).

Листоватые минеральные агрегаты представляют собой образования, поверхность которых покрыта чешуйками или листочками минералов (рис. 15).



Рис. 11 Зернистый агрегат апатита.



Рис.12 Землистый агрегат каолинита.

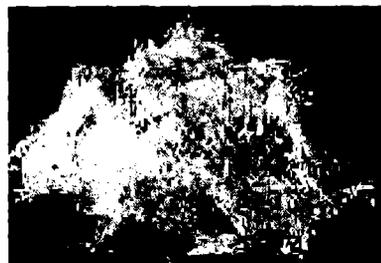


Рис. 13 Волокнистый агрегат асбеста.



Рис.14 Плотный агрегат опала.



Рис.15 Листоватый агрегат биотита.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ.

Минералы распознаются путем изучения их физических свойств, которые можно установить без специальных приборов, на глаз - визуально или с помощью специального оборудования – инструментально. Каждый минерал характеризуется особыми свойствами или сочетанием свойств, знание которых необходимо для их распознавания. К диагностическим свойствам минералов относятся: кристаллическая форма, цвет, цвет черты, блеск, прозрачность, спайность, излом, твердость, удельный вес (плотность), магнитные свойства, реакция с HCl, растворимость в воде, иризация, побежалость, вкус, двойное лучепреломление и др.

Кристаллическая форма.

Минералы в земной коре чаще всего находятся в виде кристаллически-зернистых агрегатов и землистых масс. Значительно реже встречаются минералы в виде монокристаллов и их сростков различного типа. Большинство кристаллических минералов обладают свойством самоогранения при их росте, т.е. способностью образовывать кристаллы. В кристаллах мельчайшие частицы – молекулы, атомы или ионы располагаются в строго определенном для данного вещества порядке и образуют кристаллическую решетку (рис. 16).

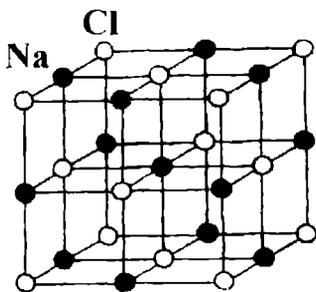


Рис. 16 Кристаллическая решетка поваренной соли.

В кристаллической решетке в параллельных направлениях расстояния между частицами одинаковы, а в непараллельных могут быть разными. Поэтому и свойства кристаллических тел постоянны в одном и не одинаковы в различных направлениях. Такие тела называются анизотропными.

В аморфном состоянии частицы, слагающие минералы беспорядочно расположены в пространстве, и такого правильного строения вещества в минералах не наблюдается. У аморфных веществ свойства проявляются одинаково во всех направлениях, т.е. эти вещества изотропны (равносвойственны). Примерами аморфных минералов являются вулканические стекла, жидкости и газы.

Тонкоизмельченные твердые вещества в смеси с жидкостью образуют коллоиды.



Рис. 17 Кристаллы топаза.

Минералы с кристаллическим строением встречаются в природе в форме кусков, зерен или правильных многогранников – кристаллов (рис. 17) разных размеров: от микроскопических (величиной 0,01 мм и менее) до гигантских (в несколько метров).

Каждому минералу присуща относительно постоянная форма кристаллов, обусловленная строением кристаллической решетки данного вещества. Кристалл ограничен плоскостями – гранями. Линии пересечения граней называются ребрами, точки пересечения ребер – вершинами кристалла. Размеры и форма кристаллов при различных воздействиях могут меняться, однако, расположение граней и величины углов между ними для данного

минерала всегда остаются постоянными. Это позволяет даже по мелким обломкам кристаллов определить минералы.

Существенное влияние на развитие граней кристаллов оказывают условия его роста: температура, давление и т.д. Поэтому внешняя форма кристалла определяется как его внутренним строением (типом кристаллической решетки) так и воздействием окружающей среды.

Кристаллы могут иметь форму куба, ромбоэдра, октаэдра и более сложных многогранников.

Для некоторых минералов форма кристаллов является важным диагностическим признаком (пирит, галит, галенит – куб).

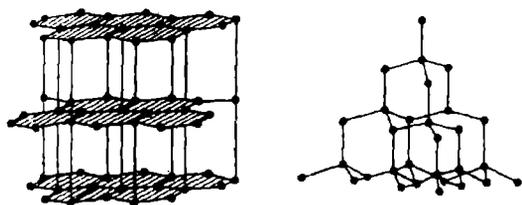


Рис. 18 Структура кристаллической решетки графита и алмаза соответственно.

Иногда частицы вещества одинакового химического состава образуют различные кристаллические формы (алмаз С – кубическая, графит С – гексагональная). Такое явление называется п о л и м о р ф и з м (от греческого поли – много и морфэ – форма)

(рис. 18). Явление, при котором в кристаллической решетке какого-либо вещества допускается замена одних ионов ионами другого состава без изменения основной формы кристаллической решетки, называется и з о м о р ф и з м (от греч. *изос* – равный и *морфе* – форма). Изоморфизм характерен для плагиоклазов (смесь альбита $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и анортита $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$).



Рис. 19 Штриховка на гранях пирита.

Для некоторых кристаллов характерна определенная ш т р и х о в к а на гранях (рис. 19). Это свойство тоже является диагностическим признаком. Например, штриховка на призматических гранях кварца – поперечная, параллельная; на гранях пирита – взаимоперпендикулярная и т.д.

Ц в е т

Цвет минерала зависит от его химического состава и особенностей кристаллической структуры. Восприятие цвета всегда субъективно, поэтому интерпретацию цвета минералогии проводят на основе количественного изучения оптических спектров минерала.

Цвет минералов может быть самым разнообразным. Названия некоторых минералов, которые имеют только один, характерный для

них цвет, даны по этому признаку (например, хлорит, что значит зеленый, альбит – белый, рубин – красный и т.д.). Некоторые минералы имеют разную окраску, меняющуюся по секторам и зонам роста кристалла (многоцветные турмалины, бериллы и др.). Нередко один и тот же минерал окрашивается в различные цвета в зависимости от присутствия в них ионов-хромофоров (ионов-красителей). Ими являются железо, марганец, хром, никель, кобальт, медь и другие химические элементы больших периодов таблицы Менделеева. Вследствие анизотропии кристаллов они могут быть дихроичными – иметь разную окраску при прохождении света поперек и вдоль кристалла. Имеются и трихроичные минералы (кордиерит). Его прозрачные кристаллы, если их рассматривать вдоль, поперек, вглубь, имеют разную окраску. Минералы могут быть и бесцветными.

У прозрачных минералов окраска может быть обусловлена не только присутствием хромофоров, но и дефектами в кристаллической решетке – электронно-дырочными центрами, межузельными атомами, дырочными вакансиями. Вокруг этих дефектов возникают дополнительные подуровни, на которые могут перескакивать электроны под действием проходящего через кристаллы света. Дефекты играют роль центров окраски минералов. Такова природа синей (чернильной) окраски галита, в решетке которого часть ионов Na^+ занята нейтральными атомами Na^0 . Ярко синяя окраска лазурита обусловлена изоморфной заменой анионного комплекса $(\text{SO}_4)^{2-}$ на $(\text{S}_2)^{2-}$, сопровождающейся значительной деформацией решетки и ее дефектностью. С дефектами решетки связана густая чернильная и фиолетово-черная окраска флюорита.

Редким типом является интерференционная окраска. Она присуща некоторым прозрачным минералам, например исландскому шпату (кальцит). Иногда он радужно переливается изнутри из-за интерференции света при прохождении через тонкие пустотелые полости по плоскостям спайности.

Часто минералы имеют ложную окраску, что может быть вызвано вростками в минерале пигментирующего вещества. Так, красные и кирпично-красные цвета минералов часто обусловлены тонкодисперстными вростками в них гематита; бурые и ржаво-бурые – загрязнением минералов гидроокислами железа. Ложная окраска может быть вызвана цветными налетами, примазками, побежалостью других минералов. Так, на халькопирите довольно часты налеты и примазки медной зелени (малахита). Налеты, выцветы, побежалости обычно образуются при химических изменениях минерала в поверхностных и других условиях.

Цвет минерала имеет не только диагностическое значение. У многих минералов интенсивность окраски слабеет с понижением

температуры образования минерала. Поэтому минералы, возникшие на глубине при высокой температуре, обычно характеризуются темным однообразным цветом, тогда как минералы, образующиеся ближе к поверхности, чаще всего светлые, бесцветные и белые. Окраска иногда помогает судить о принадлежности минерала к тому или иному месторождению.

Цвет черты.

Многие минералы в мелкораздробленном состоянии имеют другой цвет, чем в куске. Так, пирит в куске – соломенно-желтого цвета, а в порошке – почти черный. Для определения цвета черты проводят несколько раз куском минерала по матовой поверхности фарфоровой чашечки. Часто оказывается, что одинаковые на вид минералы имеют разную черту. Это различие и используется при диагностике минералов.

Блеск.

Свежая, невыветрелая поверхность минерала отражает свет в той или иной степени. Некоторые минералы имеют матовую поверхность, другие – блестящую. Различают следующие виды блеска:

1. **М е т а л л и ч е с к и й** – это сильный блеск, как у золота, стали, серебра на полированной поверхности. Он свойственен самородным металлам, многим рудам, большинству сернистых минералов (галенит, пирит, халькопирит и др.) и окислам железа и связан с непрозрачностью вещества. Цвет черты минералов с металлическим блеском черный или темноокрашенный.
2. **М е т а л л о в и д н ы й** или **п о л у м е т а л л и ч е с к и й** – блеск, свойственный потускневшим поверхностям металлов. Минералы с металловидным блеском дают более светлую (по сравнению с минералами, имеющими металлический блеск), хотя и интенсивно окрашенную черту (лимонит, гематит, графит).
3. **А л м а з н ы й** – очень сильный блеск, характерный для прозрачных и полупрозрачных минералов с большим показателем преломления (алмаз, сфалерит).
4. **Ж и р н ы й** блеск - поверхность минерала кажется как бы намазанной жиром (сера, опал).
5. **С т е к л я н н ы й** - поверхность минерала блестит как стекло, но слабее, чем минералы с алмазным блеском (кварц, топаз, гипс, кальцит, полевои шпат).

6. П е р л а м у т р о в ы й блеск - минерал блестит как поверхность перламутра (слюда, тальк, пластинчатый гипс).
7. Ш е л к о в и с т ы й – характерен для минералов с тонковолокнистым строением (асбест, гипс-селенит, малахит).

Блеск минералов зависит от показателя преломления и величины отражательной способности минерала. Чем выше эти показатели, тем сильнее блеск минерала на его зеркальных поверхностях. Блеск минералов обусловлен также характером отражающих поверхностей, т.е. рельефом граней, шероховатостями на сколах кристаллов, неровностями зернистых, волокнистых, пластинчатых и других минеральных агрегатов, от степени трещиноватости кристаллов. Так, минералы, у которых на ровных гранях блеск стеклянный, могут иметь шелковистый блеск, характерный для волокнистых агрегатов (таков блеск у волокнистого гипса, серпентин-асбеста), или перламутровый, характерный для пластинчатых кристаллов с совершенной спайностью (част у гипса, кальцита), или жирный (характерен для кристаллов (графит, опал, сфалерит, и т.д.), или матовый (обычен для шероховатых граней и порошковых масс).

Блеск одних и тех же минералов на гранях кристаллов, в их изломе и агрегатах обычно разный. Например, у гипса блеск на гранях кристаллов стеклянный, но если в кристаллах есть трещины спайности, их блеск перламутровый. В зернистых агрегатах блеск гипса стеклянный или матовый, в волокнистых агрегатах – шелковистый. У серы на гранях блеск алмазный, в изломе – жирный.

П р о з р а ч н о с т ь

- способность минерала пропускать свет. По прозрачности различают:

1. п р о з р а ч н ы е минералы, через которые ясно видны предметы (горных хрусталь, каменная соль, кристаллический гипс).
2. п о л у п р о з р а ч н ы е минералы, через которые можно только распознать очертания предметов (молочный кварц).
3. п р о с в е ч и в а ю щ и е минералы, через которые свет проходит лишь в тонком слое, причем предметы через них не различимы (полевые шпаты).
4. н е п р о з р а ч н ы е минералы, через которые свет не проходит (магнетит).

С п а й н о с т ь

- способность минерала раскалываться по одному или нескольким направлениям, образуя гладкие блестящие поверхности, называемые *плоскостями спайности*. Спайность объясняется различной плотно-

стью расположения атомов в кристаллической решетке минерала. Раскалывание минерала происходит по плоскостям с наименьшей плотностью расположения атомов (ионов). В случае одинаковых сил сцепления между атомами спайность отсутствует. Выделяют спайность:

- **в е с ь м а с о в е р ш е н н у ю**, когда минерал легко расщепляется на отдельные листочки или пластинки, и плоскости



Рис. 20 *Весьма совершенная спайность мусковита.*

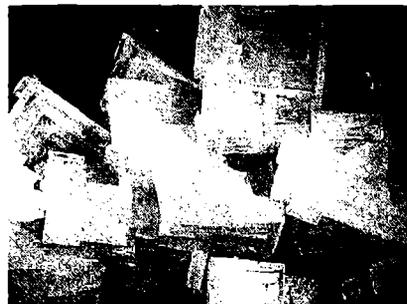


Рис. 21 *Совершенная спайность галита.*

спайности получаются ровные и зеркально-блестящие (слюда, гипс, хлорит) (*рис. 20*).

- **с о в е р ш е н н у ю**, когда минерал раскалывается на пластинки при слабом ударе молотком, при этом поверхности скола гладкие, блестящие (галит, кальцит, барит, полевые шпаты) (*рис. 21*).
- **с р е д н я я** (явственная), когда при расколе минерала образуются как гладкие поверхности, так и неровные (авгит, роговая обманка) (*рис. 22*).
- **н е с о в е р ш е н н а я** – спайность практически отсутствует или обнаруживается с большим трудом. При раскалывании минерала образуются неровные поверхности (апатит, кварц, оливин) (*рис. 23*).
- **в е с ь м а н е с о в е р ш е н н а я** - спайность практически отсутствует, или обнаруживается в исключительных случаях (кварц) (*рис. 24*).



Рис. 22 *Средняя спайность ортоклаза.*

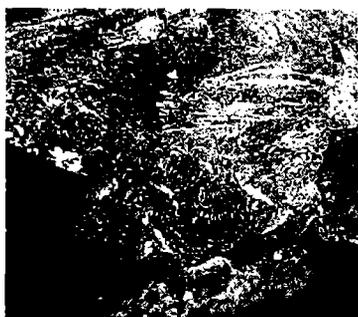


Рис. 23 *Несовершенная спайность апатита.*



Рис. 24 *Весьма несовершенная спайность кварца.*

Спайность может наблюдаться по одному направлению (слюда), по двум направлениям (полевоы шпат), по трем направлениям (галит), по четырем направлениям (флюорит) даже по шести направлениям (цинковая обманка).

И з л о м.

При раскалывании минералов получают или ровные плоскости, когда они раскалываются по спайности, или неровная поверхность, называемая изломом. Чем совершеннее спайность, тем труднее установить характер излома. Последний особенно типичен для некоторых минералов с несовершенной спайностью и для таких, в которых спайность отсутствует. Различают изломы:

- **р а к о в и с т ы й** – имеет вид вогнутой или выпуклой концентрически-волнистой поверхности, напоминающий поверхность раковин (кварц) (*рис. 25*);
- **з а н о з и с т ы й** – на поверхности излома наблюдаются ориентированные в одном направлении занозы (гипс, асбест) (*рис. 26*);

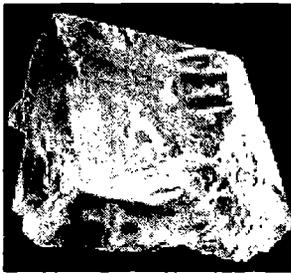


Рис. 25 Раковистый излом флюорита.

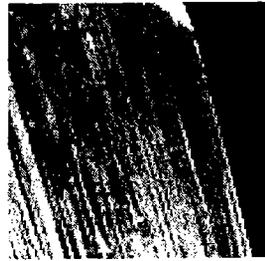


Рис. 26 Занозистый излом гипса.



Рис. 27 Землистый излом каолинита.

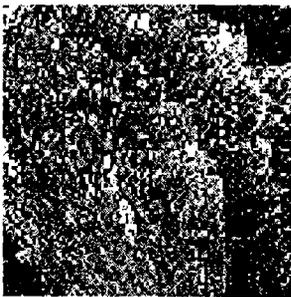


Рис. 28 Зернистый излом апатита.



Рис. 29 Ступенчатый излом галенита.



Рис. 30 Неровный излом микроклина.

- **з е м л и с т ы й** – характеризуется шероховатой, матовой поверхностью (каолинит, лимонит) (рис. 27);
- **з е р н и с т ы й** – характерен для минералов с зернистым строением (апатит, оливин, корунд, ангидрит) (рис. 28);
- **с т у п е н ч а т ы й** – наблюдается у минералов, имеющих совершенную спайность по двум-трем направлениям (рис. 29);
- **н е р о в н ы й** – при расколе минерала образуются неровные поверхности (микроклин, ортоклаз) (рис. 30).

Т в ё р д о с т ь

Под твердостью⁴ подразумевают степень сопротивления, которое способен оказать данный минерал какому-либо внешнему механическому воздействию. Твердость природных кристаллов колеблется (по методу Роквелла⁵) от 0,03 (тальк) до 140000 кг/мм² (алмаз).

Точные определения твердости минералов с научно-исследовательской целью производят на специальных приборах – склерометрах с помощью алмазного или металлического острия.

Однако в обычной минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости царапаньем одного минерала другим, т.е. устанавливается относительная твердость минералов. Для определения твердости используется **шкала МООСА** (табл. 2), представленная десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие, причем получается углубленная черта, не исчезающая при легком стирании пальцем. За эталоны этой шкалы приняты минералы в порядке твердости от 1 до 10 (см. табл. 2).

⁴ Понятие «твердость» до сих пор окончательно не установлено. Различают твердости царапанья, сверления, давления, шлифования. Результаты исследований показывают, что мы имеем дело с неодинаковыми по своей природе физическими явлениями.

⁵ Существует несколько методов определения твердости: **МЕТОД РОКВЕЛЛА**, определение твердости материалов (главным образом металлов) вдавливанием в испытываемый образец алмазного конуса (шкалы А и С, соответствующие различным нагрузкам) или стального закаленного шарика (шкала В). Твердость указывается в единицах HR (Hardness Rockwell) с добавлением обозначения шкалы (HRA, HRB, HRC). Назван по имени американского металлурга С.П.Роквелла (S. P. Rockwell). **МЕТОД ВИККЕРСА**, определение твердости металлов вдавливанием в испытываемый образец алмазной пирамиды. Твердость по Виккерсу указывается в единицах HV (Hardness Vickers). Название от английского военно-промышленного концерна "Виккерс". **МЕТОД БРИНЕЛЛЯ**, определение твердости металлов вдавливанием в испытываемый образец стального закаленного шарика. Твердость по Бринеллю указывается в единицах HB (Hardness Brinell). Назван по имени шведского инженера Ю. А. Бринелля. **МЕТОД ШОРА**, метод определения твердости металлов по высоте отскакивания легкого бойка с алмазным наконечником от испытываемого массивного образца (с помощью склероскопа). Назван по имени американского промышленника А. Шора (A. Shore).

На практике для определения твердости минералов нередко пользуются карандашом (твердость 1), ногтем (твердость 2,5), бронзовой монетой (твердость 3-3,5), железным гвоздем (твердость 4), стеклом (твердость 5), острием стального ножа или иглой (твердость 6), острием напильника или бритвы (твердость 7).

При определении твердости минерала на его свежей поверхности проводят черту острым концом минерала – эталона. Если эталонный минерал оставляет черту на образце, твердость которого мы хотим определить, то твердость последнего меньше эталона; если же образец оставляет черту на эталонном минерале, то твердость его больше чем у эталонного минерала. Если оба минерала (и эталонный и образец) истираются в равной степени, то твердость их одинакова.

Табл. 2

Шкала Мооса.

Минерал		Твердость	
		по Моосу	Абсолютное значение (по Роквеллу), кг/мм ²
Тальк	$Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$	1	0.03
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	1.25
Кальцит	$CaCO_3$	3	4.5
Флюорит	CaF_2	4	5
Апатит	$Ca_5(Cl,F)(PO_4)_3$	5	6.5
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	6	37
Кварц	SiO_2	7	120
Топаз	$Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$	8	175
Корунд	Al_2O_3	9	1000
Алмаз	C	10	140000

Следует отметить, что для анизотропных веществ грани минерала будут иметь разную твердость по разным направлениям. Это следует учитывать при диагностике минерала.

Удельный вес (плотность)

Удельный вес представляет отношение веса вещества к весу равного объема воды при 4°C, и является величиной безразмерной. В качестве синонима удельного веса часто используется понятие плотность. Однако эта величина представляет собой массу вещества, приходящуюся на единицу объема, и обычно выражается в единицах г/см³.

Удельный вес определен для большинства минералов, причем установлено, что этот параметр колеблется в очень широких пределах - от 0,8 для нефти до 22,69 г/см³ для осмистого иридия. Наиболее распространены минералы с удельным весом от 2 до 4, поэтому этот признак является диагностическим только для минералов тяжелых элементов.

Удельный вес минералов зависит от их химического состава и структуры. Химическим составом определяется соотношение в минерале атомов различного веса, атомного радиуса и валентности. Удельный вес минерала тем больше, чем больше содержит он тяжелых атомов, и чем меньше их радиус; основное значение имеет атомный вес.

Полиморфные вещества с разной степенью компактности их структуры имеют разную плотность (пирит - FeS₂ кубической сингонии⁶ имеет плотность 4,9-5,2 г/см³, а марказит того же состава, но ромбической сингонии, - 4,6-4,9 г/см³ у графита С гексагональной сингонии плотность 2,2 г/см³, а у алмаза С кубической сингонии - 3,5 г/см³). Минералы переменного химического состава всегда имеют непостоянную плотность. Ее величину можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = z \frac{1,6602 \cdot M}{V_0} \cdot 10^{24} \text{ г/см}^3,$$

где V_0 – объем элементарной ячейки минерала (в Å),

M – его молекулярный вес, рассчитываемый по результатам химического анализа этого минерала,

z – число молекул минерала, содержащихся в одной элементарной ячейке.

Точное определение плотности возможно лишь в лабораторных условиях путем взвешивания на гидростатических весах или с использованием других специальных приборов. На практике для быстрого приблизительного определения плотности пользуются взвешиванием минералов в руке. В таком случае минералы делят на три группы: **л е г к и е** – с удельным весом менее 2,5 (янтарь, нефти, смолы, угли, гипс, графит, каменная соль и т.д.); **с р е д н и е** – с удельным весом от 2,5 до 4,0 (кальцит, кварц, полевые шпаты,

⁶ Кристаллы обладают симметрией, т.е. грани, ребра и углы или их комбинации закономерно повторяются. *Сингония* (от греч. *syn* - вместе и *gonia* - угол) – это классификация кристаллов по признаку симметрии элементарной ячейки кристалла, характеризуется соотношениями между ее ребрами и углами. Существует 7 сингоний: кубическая, гексагональная, тетрагональная, тригональная, ромбическая, моноклиновая, триклиновая.

слюды); т я ж ё л ы е - с удельным весом более 4,0 (рудные минералы, самородные металлы, барит и др.).

Довольно значительные колебания удельного веса, устанавливаемые для одного и того же минерала, наблюдаются сравнительно редко и, помимо изоморфизма, обычно бывают обусловлены мельчайшими включениями посторонних минералов, в том числе пузырьков газа и жидкостей.

Магнитные свойства

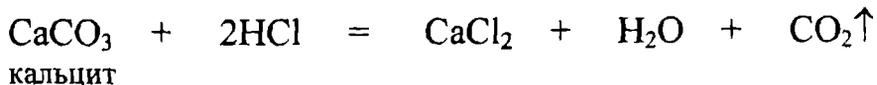
Поскольку минералов, обладающих свойством магнитности достаточно мало, то оно является для них диагностическим признаком.

Минералы со слабыми парамагнитными свойствами легко притягиваются магнитом (бедные серой разности пирротина). Но имеются и такие минералы, которые сами собой представляют собой магнит, т.е. являются ферромагнетиками и притягивают к себе железные опилки, булавки, гвозди. Таким свойством обладают магнетит, никелистое железо, некоторые разности ферроплатины. Наконец, известны диамагнитные минералы, отталкивающиеся магнитом (самородный висмут).

Магнитность минералов выявляется при помощи магнитной стрелки, которая притягивается или отталкивается при поднесении к ней магнитных минералов (магнетит, пирротин, платина).

Реакция с соляной кислотой

Реакция со слабой (5-10%) соляной кислотой с выделением углекислого газа типична для минералов класса карбонатов. Это свойство является для них диагностическим признаком. Некоторые карбонаты легко разлагаются в холодной кислоте (кальцит, арагонит), другие вступают в реакцию после измельчения в порошок (доломит) или при подогревании (магнезит, сидерит).



Растворимость в воде

Многие минералы растворимы в воде. Это свойство присуще галоидам, сульфатам и карбонатам.

Иризация

Иризацией называется яркий цветовой отлив на гранях и плоскостях спайности некоторых минералов (олигоклаз, лабрадор). Иризация обусловлена удивительным сочетанием двух факторов. Первый – это микроблоковое строение кристаллов у этих двух минералов. Они состоят из мозаики, «паркетной кладки» мельчайших закономерно ориентированных пластинок, в мельчайших зазорах, между которыми происходит интерференция света. Второй фактор – определенная ориентировка оптических осей в кристаллах олигоклаза и лабрадора, создающая наиболее удачные среди полевых шпатов условия для интерференции света при падении его на некоторые плоскости минерала. И действительно, олигоклаз и лабрадор иризуют лишь в определенных положениях относительно падающего на них света.

Побежалость

Дополнительная окраска в виде тонкого поверхностного слоя (халькопирит – в зависимости от угла падения переливается разными цветами).

Вкус

Характерен для легко растворимых минералов (солей). По вкусу можно отличить такие минералы как сильвин – горько-соленый и галит – соленый.

Двойное лучепреломление

Светопреломление является характерной константой вещества, имеющей большое диагностическое значение. Чем выше светопреломление, тем, как правило, сильнее "играет" минерал. При вхождении светового луча в кристалл (как и в любую другую среду) луч в большей или в меньшей степени отклоняется от своего направления. Отношение синусов углов падения и преломления луча, отвечающее отношению скоростей распространения света в обеих средах, называется показателем преломления. Кубические кристаллы и аморфные образования не обнаруживают различий оптических свойств в разных направлениях. Они имеют один показатель преломления.

Но для кристаллов с анизотропным строением пространственной решетки свет становится поляризованным – векторы электромагнитных колебаний оказываются в кристалле различными. Па-

дающий луч света распадается на два луча с разной амплитудой электромагнитных колебаний и с разной скоростью распространения света в кристалле, и, соответственно, с разными показателями преломления. В результате происходит двойное лучепреломление света. Этим свойством обладает, например, прозрачная разновидность кальцита. Если положить обломок такого минерала на какое-нибудь изображение, оно удвоится. Одно изображение будет ярче, другое – слабее (рис. 31).



Рис. 31 Двойное лучепреломление в кальците.

Некоторым минералам присущи особые свойства: запах, горючесть, упругость, гибкость, хрупкость, вязкость, гигроскопичность и др.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ.

Современная классификация минералов ведет начало от детальной химической систематики, созданной в 1837 г. выдающимся американским минералогом Дж.Дэна и развитой в дальнейшем трудами многих ученых; с середины нынешнего столетия в нее введены также кристаллохимические, структурные признаки.

В настоящее время царство минералов насчитывает более 4 тыс. различных его представителей.

Единая номенклатура минералов устанавливается Международной минералогической ассоциацией (ММА) – научным органом, учрежденным учеными разных стран в 1958 г.; ММА утверждает открытия новых минералов и их названия.

В современных систематиках минеральные виды классифицируются по-разному. Некоторые ученые выделяют типы, которые, в свою очередь делятся на классы, классы – на подклассы, подклассы – на отделы, отделы – на подотделы, подотделы – на группы, группы – на подгруппы (А.А.Годовиков).

А.Г.Бетехтин подразделяет все минералы, прежде всего, на две большие группы: неорганические и органические. Неорганические соединения подразделяются по типу химического соединения, а затем, по типам анионов, на классы и подклассы, которые подразделяются на группы по признакам сходства кристаллических структур и химических особенностей минералов.

Существуют и другие, более детальные классификации. Во всех них соблюдаются и химический, и структурный принципы.

Упрощенная классификация минералов, наиболее удобная, по мнению автора, для начального знакомства с миром минералов при-

ведена в таблице 3. Далее в тексте, дается более подробное описание каждого класса.

Табл.3

Классификация минералов.

КЛАССЫ:	Представители:
Самородные элементы: (самородные металлы, неметаллы, а также природные сплавы)	графит, сера, алмаз, медь, золото, серебро
Сульфиды: (соединения металлов с серой, селеном, мышьяком, сурьмой, теллуrom)	пирит, халькопирит, галенит, сфалерит
Оксиды и гидроксиды: (соединения элементов с кислородом, гидроксидом)	кварц, халцедон, опал, магнетит, гематит, лимонит, корунд, боксит
Галоиды: (соединения металлов с галогенами - фтором, хлором, бромом, йодом)	галит, сильвин, флюорит
Карбонаты: (соли угольной кислоты)	кальцит, арагонит, доломит, сидерит
Фосфаты: (соли фосфорной кислоты)	апатит, фосфорит
Сульфаты: (соли серной кислоты)	гипс, ангидрит, барит
Силикаты*: (соли кремниевых кислот)	оливин, авгит, роговая обманка, тальк, серпентин, каолинит, мусковит, биотит, хлорит, ортоклаз, микроклин, альбит, лабрадор и др.
Углеродные и углеводородные соединения:	нефть, асфальт, озокерит, угли, янтарь

*Классификация силикатов приводится отдельно, в разделе описания минералов этого класса.

ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ ПО КЛАССАМ.

Класс самородные элементы

Минералы этого класса состоят из одного химического элемента или смеси двух элементов. Как правило, они распространены не

широко (кроме графита - С, серы - S). К породообразующим относится графит (шунгит – скрытокристаллический агрегат).

На сегодняшний день в природе известно более 30 элементов, находящихся в самородном состоянии. Однако число минералов принадлежащих классу самородных существенно больше, что связано с образованием разнообразных сплавов, амальгам. К данному классу относятся минералы: графит, сера, алмаз, медь, золото, серебро и т.д.

Графит (С) (греч. “графо” — пишу)⁷ (рис.32).

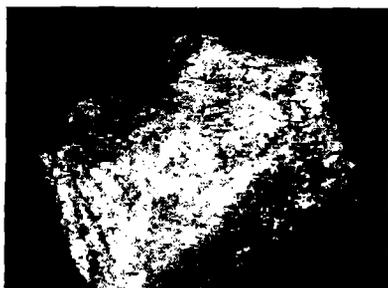


Рис.32 Графит.

Химический состав. Углерод (С). Никогда не бывает очень чистым. Содержит примеси Н, N, CO₂, СО, СН₄, вода, органические вещества.

Цвет. Черный, темный стально-серый.

Цвет черты. Серовато-черная, блестящая.

Блеск. Металловидный или жирный.

Прозрачность. Непрозрачный.

Спайность. Весьма совершенная; обусловливает хорошие смазочные свойства (графитовые смазки).

Излом. Зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 1—2.

Удельный вес. 2,1—2,3.

Диагностические признаки. Пачкает руки, пишет на бумаге, жирный на ощупь.

Кристаллическая форма. Пластинчатые кристаллы.

Форма нахождения в природе. Листоватые, чешуйчатые, радиально-лучистые, землистые кристаллические агрегаты. Кристаллы редки.

Генезис. Графит образуется в ходе восстановительных процессов, протекающих при высоких температурах. Исходным продуктом часто служат окружающие углеродсодержащие породы (например, известняки), а также каменные угли и битуминозные осадочные породы на контакте с магматическими породами. При этом скопления графита образуются в результате контактового метасоматоза.

Месторождения. К крупнейшим графитовым месторождениям относятся Тункинские Гольцы в Сибири, а также месторождения Украины и северного побережья Азовского моря (СССР); месторождения в Фихтельгебирге близ Пфaffenройта, Кропфмюле близ Пассау (ФРГ) и др. Месторождения графита известны также на о. Шри-Ланка, в шт. Соно-ра (Мексика), в Онтарио и Квебеке (Канада), в шт. Нью-Йорк (США).

⁷ Скрытокристаллическая разновидность называется *шунгитом*.

Практическое значение. Используется для изготовления графитовых тиглей, электродов, в качестве смазочного материала находит применение в ядерных реакторах, как замедлитель и отражатель нейтронов в атомной промышленности, используется в карандашном производстве и для других целей. Блоки из чистого искусственного графита используют в ядерной технике, в качестве покрытия для сопел ракетных двигателей.

Сера (S) ("сульфур" происходит от санскритского "спать" или англосаксонского "убивать", что, очевидно, объясняется ядовитостью сернистого газа) (рис. 33).

Химический состав. Химически чистая сера (S), но обычно содержит



Рис.33 Кристаллы серы.

механические примеси глинистого и органического вещества и т.д.

Цвет. Цвет чистой серы яркий светло-желтый, от примесей селена или битумов – до темно-коричневого и черного, мышьяка – до ярко-красного, в вулканических потоках – зеленовато-серый. Известна молочно-белая и голубая сера.

Цвет черты. Светло-желтый, белый.

Блеск. Стекланный до жирного.

Прозрачность. Просвечивает или прозрачна.

Спайность. Отсутствует.

Излом. Раковистый, землистый.

Твердость по шкале Мооса. 1,5.

Удельный вес. 2,0.

Диагностические признаки. Цвет, блеск, электризуется при трении, легко загорается, дает слабое голубое пламя и выделяет сернистый газ SO_2 с характерным удушливым запахом.

Кристаллическая форма. Форма кристаллов серы не всегда одинакова. Чаще всего встречается ромбическая сера (наиболее устойчивая модификация) — кристаллы имеют вид октаэдров со срезанными углами. В эту модификацию при комнатной (или близкой к комнатной) температуре превращаются все прочие модификации.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, землистые агрегаты, друзы, корочки.

Генезис. Гипергенный (в зонах окисления H_2), гидротермальный, вулканогенный.

Месторождения. Фергана (Шорсу), Куйбышев, Украина. Сера добывается также в Средней Азии, Дагестане, Узбекистане, Италии, Японии и Чили.

Практическое значение. Сера — один из важнейших видов сырья для многих химических производств: в спичечной, бумажной, кожевенной, резиновой промышленности, а также в медицине и сельском хозяйстве.

К л а с с с у л ь ф и д ы

К рассматриваемому классу относятся сернистые, селенистые, теллуристые, мышьяковистые и сурьмянистые соединения металлов и полуметаллов. Около 40 химических элементов образуют в природе более 300 минералов, принадлежащих этому классу.

Большинство сульфидов образуется из горячих водных (гидротермальных) растворов. Некоторые сульфиды могут кристаллизоваться из магмы, другие имеют осадочное происхождение. В земной коре наиболее широко распространены сульфиды железа (пирит - серный или железный колчедан - FeS_2 , марказит- FeS_2), меди (халькопирит - медный колчедан - CuFeS_2), свинца (галенит - свинцовая руда - PbS), цинка (сфалерит - цинковая руда - ZnS).

Пирит (Fe_2S) (серный колчедан) (греч. "πυρ" — огонь, за свойство давать при ударе искры) (рис.34).

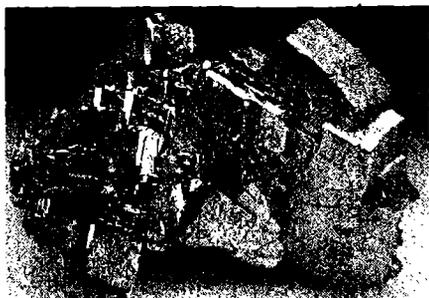


Рис.34 Кристаллы пирита.

Химический состав. Содержит, в среднем, 53,4% серы, 46,6% железа, а также примеси меди, золота, серебра, селена, сурьмы, теллура, мышьяка, никеля и кобальта.

Цвет. Латунно-, соломенно-желтый, иногда с побежалостями желтовато-бурого и пестрых цветов. Тонодисперстные сажистые разности имеют черный цвет.

Цвет черты. Зеленовато-черная.

Блеск. Сильный металлический.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Несовершенная.

Излом. Неровный, иногда раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 6—6,5.

Удельный вес. 4,9—5,2 г/см³.

Диагностические признаки. Легко диагностируется по характерному светло-желтому цвету и изометрической форме кристаллов со штриховкой на гранях. От иногда похожих на пирит, марказита, пирротина и халькопирита отличается также более высокой твердостью.

Кристаллическая форма. Кристаллы имеют форму куба, пентагондодекаэдра и их комбинаций.

Форма нахождения в природе. Встречается в виде плотных или мелкозернистых масс, иногда крупных размеров, вкрапленников и прекрасно образованных кристаллов в виде кубов с характерной штриховкой на гранях кристаллов. В осадочных породах часто встречаются шаровидные конкреции пирита, нередко радиально-лучистого строения, а также секрции в полостях раковин. Часто встречаются гроздевидные или почвовидные образования пирита в ассоциации с другими сульфидами. Известны скрученные кристаллы пирита и их друзы, а также натёки. Встречаются двойники.

Генезис. В основном образуется из гидротермальных растворов (колчеданные месторождения с халькопиритом, сфалеритом, кварцем и другими минералами, жильные и метасоматические месторождения золота и полиметаллов различных формаций и т.д.). Известен магматический, осадочный и метаморфический пирит.

Месторождения: Сталактитовые выделения пирита с яркой побежалостью известны в зонах окисления железорудных месторождений (КМА), шаровидные конкреции кубических кристаллов пирита встречаются в угленосных породах (Боровичи в Новгородской обл.). Известны месторождения пирита на Урале (Березовское), в Казахстане (Акчатау), Грузии (Маднеули).

Практическое значение. Является основным сырьем для производства серной кислоты. Иногда из пирита извлекают никель и кобальт.

Халькопирит ($CuFeS_2$) (медный колчедан) (*греч.* “халькос” — медь и “пир” — огонь) (*рис. 35*).

Химический состав. Си — 34,57%, Fe — 30,54%, S — 34,9%; могут отмечаться примеси марганца, сурьмы, золота, серебра, селена и др.

Цвет. Латунно-желтый, часто с синей или пестрой побежалостью.

Цвет черты. Зеленовато-черная.

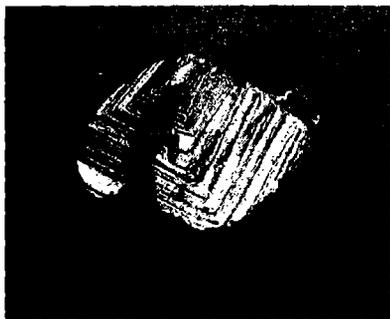


Рис. 35 Кристалл халькопирита.

Блеск. Металлический.

Прозрачность. Не прозрачен.

Спайность. Несовершенная.

Излом. Раковистый, неровный.

Твердость по шкале Мооса. 3,5—4.

Удельный вес. 4,1 – 4,3.

Диагностические признаки. Отличается от пирита характерным цветовым оттенком, развитием побежалости, меньшей твердостью, а от пентландита — отсутствием

спайности, от пирротина — цветом и магнитностью.

Кристаллическая форма. Кристаллы редки и встречаются только в друзовых пустотах. Чаще всего они имеют форму октаэдра или тетраэдра.

Форма нахождения в природе. Встречается преимущественно в сплошных массах и в виде вкрапленников неправильной формы. Кристаллы наблюдаются редко. На гранях часто присутствуют ступени роста, в результате чего кристаллы приобретают округлую форму. Характерны двойники.

Генезис. В природе халькопирит может образовываться в различных условиях. Широко распространен на магматических медно-никелевых месторождениях, где ассоциирует с пирротинном и пентландитом, а также на гидротермальных полиметаллических месторождениях, где отмечается совместно с галенитом, сфалеритом, блеклыми рудами⁸ и другими минералами, а также на колчеданных месторождениях. Встречается также в скарнах в ассоциации с андрадитом, магнетитом, пирротинном, шеелитом. Известны месторождения халькопирита среди осадочных пород, образовавшиеся в условиях сероводородного брожения при разложении органических остатков и притоке меденосных растворов.

Месторождения. Казахстан (Джезказганское), Урал (Карпушинское, Левихинские), Закавказье, Средняя Азия, Алтай, Армения. За рубежом – США (Бингхэм), Чили (Чукикамата), Конго (Катанга), Канада.

Практическое значение. Важнейшая руда на медь. Иногда попутно извлекаются серебро, индий и др. металлы.

Галенит (PbS) (свинцовый блеск) (лат. “галена” — свинцовая руда) (рис. 36).



Рис. 36 Галенит.

Химический состав. Pb — 86,6%, S — 13,4%; обычны примеси серебра, селена, висмута, мышьяка, сурьмы, меди, цинка.

Цвет. Свинцово-серый, иногда с пестрой или синей побежалостью.

Цвет черты. Серовато-черная.

Блеск. Металлический.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Весьма совершенная по кубу.

Излом. Ступенчатый.

Твердость по шкале Мооса. 2,5—3.

Удельный вес. 7,4—7,6 г/см³.

Диагностические признаки. Легко диагностируется по цвету, блеску, спайности – при ударе легко распадается на мелкие кубики, а также по высокой плотности, хрупкий.

⁸ Блеклые руды – минералы переменного состава, упрощенно – от $Cu_{12}(AsS_3)_4S$ до $Cu_{12}(SbS_3)_4S$. Медь изоморфно замещается серебром, цинком, ртутью, железом и др., мышьяк и сурьма – висмутом, теллуrom, сера – селеном.

Кристаллическая форма. Большею частью форма куба, иногда с гранями октаэдра, реже встречается форма октаэдра.

Форма нахождения в природе. Характерны кубические кристаллы, развиты двойники. Обычно наблюдается в виде зернистых плотных масс или вкрапленных выделений неправильной формы. Встречаются натечные агрегаты, друзы.

Генезис. Главный минерал полиметаллических месторождений. Образуется из гидротермальных растворов в довольно широком температурном диапазоне, постоянно ассоциирует со сфалеритом, а также пиритом, халькопиритом, блеклыми рудами, арсенопиритом, сульфосолями⁹ меди, свинца и серебра, кварцем, кальцитом и другими минералами.

Месторождения. Приморье, Северный Кавказ, Алтай, Забайкалье, Казахстан, Таджикистан, Якутия. За рубежом – Америка, Австралия, Мексика, Канада.

Применение. Серебросодержащий галенит является рудой на свинец и серебро: последнее извлекается попутно при выплавке свинца.

Сфалерит (ZnS) (цинковая обманка) (греч. "сфалерос" - обманщик, в связи с трудностью диагностики его по внешнему виду) (рис. 37).



Рис. 37
Кристаллы сфалерита.

Химический состав. Zn— 67,1%, S — 32,9%. Обычно содержит разнообразные изоморфные примеси: Те (до 20%), Cd (до 2.5%), Fe, Mn, Ag, In (до 2.5%), Ga, Ge и др.

Цвет. Серовато-бурый, коричневый, реже желтый, красный, зеленый.

Цвет черты. Белая или светлоокрашенная в желтые и бурые оттенки.

Блеск. Алмазный, иногда металлический.

Прозрачность. В зависимости от содержания железа может быть прозрачным (клейофан) и не прозрачным.

Спайность. Совершенная по ромбододекаэдру.

Излом. Ступенчатый.

Твердость по шкале Мооса. 3,5-4,0.

Удельный вес. 3,9—4,2.

Диагностические признаки. Изометричная форма, совершенная спайность, алмазный блеск. На гранях часто наблюдаются штриховка, ступени и спирали роста, хрупкий. От похожего вольфрамита от-

⁹ Сульфосоли – сложные соединения, похожие по химической конституции на солеобразные соединения.

личается изометрической формой кристаллов, спайностью по шести направлениям и меньшей (почти в 2 раза) плотностью. *Кристаллическая форма.* Кристаллы имеют форму тетраэдра, реже ромбододекаэдра.

Форма нахождения. Распространены зернистые сплошные массы, реже плотные скрытокристаллические агрегаты концентрически-зонального строения, сталактиты. Нередки двойники, заметные по параллельной штриховке на плоскостях спайности. Друзы характерны для полиметаллических месторождений, локализующихся в карбонатных породах и скарнах, где они встречаются исключительно в пустотах рудных тел.

Генезис. Гидротермальный в ассоциации с галенитом, пиритом, халькопиритом и др. минералами. Известен вулканогенный, а также осадочный.

Месторождения: Забайкалье (Кличкинское), Приморье (Дальнегорское), Украина (Нагольный кряж) и др. За рубежом источником коллекционного сфалерита служат месторождения Пикос-де-Эуропа (пров. Сантандер, Испания), Сент-Агнес (п-ов Корнуолл, Великобритания), Джоплин (США) и др.

Практическое значение. Основная руда на цинк, попутно извлекают кадмий, индий, галлий, германий и многие другие элементы. Мало-железистая прозрачная разновидность — клейофан, бесцветная или желтая; в связи с высоким показателем преломления света (2,37) может граниться как ювелирный камень. Обладают большой минералогической ценностью друзы сфалерита, где он ассоциирует с кристаллами галенита, халькопирита, кальцитом и другими минералами.

К л а с с о к и с л ы и г и д р о о к и с л ы

Минералы этого класса очень широко распространены в природе и играют большую роль в сложении земной коры. Окислы и гидроокислы образованы примерно тридцатью химическими элементами. Сейчас известно около 200 минералов этого класса. Наиболее многочисленны оксиды, содержащие железо. Свободная SiO_2 существует в природе главным образом в виде кварца и его разновидностей и очень широко распространена в земной коре.

Значительное число окислов и гидроокислов представляют собой продукты экзогенных процессов, протекающих в самых верхних частях земной коры при непосредственном участии свободного кислорода атмосферы. В глубинных условиях образуются разнообразные оксиды Fe, Ti, Ta, Nb, Al, Cr, Be, Sn, U и других элементов. Происхождение некоторых оксидов и гидроксидов связано с гидро-

термальным процессом минералообразования; часть минералов образуется в результате метаморфических и метасоматических процессов.

К этому же классу относятся и другие минералы: халцедон - скрытокристаллическая форма кварца; опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; гематит (красный железняк, кровавик) - Fe_2O_3 , магнетит (магнитный железняк) - FeFe_2O_4 , лимонит (бурый железняк) - $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, боксит - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, корунд - Al_2O_3 ,

Кварц (SiO_2) (нем. *gohars* — вершина, либо нем. *querertz none* — речная руда, т.к. кристаллы кварца растут поперек рудной жилы) (рис. 38).



Рис.38
Кристаллы кварца.

Химический состав. SiO_2 , в виде примесей содержит CO_2 , H_2O , углеводороды, газы, NaCl , CaCO_3 , включения рутила, актинолита и других минералов, захваченных при кристаллизации, а также примеси окислов марганца, железа, хрома, титана, ванадия и др.

Цвет. Различный, наиболее распространенный — бесцветный, молочно-белый. Прозрачные или полупрозрачные, красиво окрашенные кристаллы имеют собственные названия¹⁰.

Цвет черты. Черту не оставляет (твердость — 7).

Блеск. От стеклянного до тусклого, жирного, иногда шелковистого.

Прозрачность. От прозрачного до не прозрачного (морион).

Спайность. Весьма несовершенная.

Излом. Раковистый или неровный.

Твердость по шкале Мооса. 7

Удельный вес. 2,5—2,8 г/см³.

Диагностические признаки. Высокая твердость, отсутствие спайности, стеклянный блеск, раковистый излом.

Кристаллическая форма. Кристаллы имеют форму шестигранной призмы, оканчивающихся с одного или обоих концов шестигранными

гранями.

¹⁰ горный хрусталь - бесцветный, воляно-прозрачный; аметист - фиолетовый; дымчатый кварц (раухтопаз) - дымчатый, прозрачный, сероватый до густокоричневого; морион - черный, полу- или не прозрачный; цитрин - золотистый или лимонно-желтый; розовый кварц - розово-красный или розовый; молочный кварц почти не прозрачен и напоминает по цвету молоко. Наблюдаются также аллохроматические окраски, связанные с включениями других минералов: празем - зеленоватый кварц с иголочками актинолита; авантюриц - желтовато-бурый с железной слюдкой, придающий мерцающий эффект; кошачий, тигровый и соколиный глаз - с шелковистым отливом за счет асбестовидных волокнистых минералов; сургуочно-красный кварц - тонкодисперсные окиси железа; кварц-волосатик - с включениями рутила; ирис (радужный кварц) - это кварц, содержащий трещинки; льдистый кварц - полупрозрачный, неоднородный.

ми пирамидами. Грани призмы покрыты тонкой поперечной штриховкой.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, кристаллические агрегаты, друзы, щетки, корки, жеоды.

Генезис. Магматический в кислых горных породах, в гранитных пегматитах в ассоциации с полевым шпатом, слюдой, топазом, бериллом; гидротермальный с сульфидами; гипергенный (кремень, халцедон). Типичный минерал метаморфических пород: сланцев, гнейсов, железистых кварцитов.

Месторождения. Среди месторождений кварца выделяются три наиболее крупных типа: гидротермальные кварцевые жилы (Сибирь, Урал, Казахстан, Украина), пегматиты (Намибии россыпи. Месторождения аметиста - Средний Урал (копи Ватиха, месторождение Тальян), Приполярный Урал, Якутия, Закарпатье.

За рубежом различные разновидности кварца добываются на Мадагаскаре, в США, Японии, Баварии, Бразилии, Индии, Италии и т.д.

Практическое значение. Используется в стекольной, керамической промышленности, металлургии; в радиотехнике и оптических приборах. Наиболее важное применение кварца — его использование в технике, особенно в качестве пьезо-электрика. Широко используется в ювелирных изделиях.

Халцедон (SiO_2). (Название «халцедон» связывают с названием древнего города на побережье Мраморного моря, через который вывозились ювелирные камни) (рис.39).

Химический состав. Кварц, в виде примесей может содержать Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , H_2O , окислы Mn , соединения Ni .



Рис.39 Образец халцедона.

Цвет. Самый разнообразный. чаще голубоватый, сероватый. светло-коричневый, розовый. желтый, черный¹¹.

Цвет черты. Черты не дает (твердость – 7).

Блеск. Матовый до воскового, слегка перламутрового.

Прозрачность. Просвечивает до прозрачного в краях и срезах.

Спайность. Весьма несовершенная.

¹¹ По цвету халцедоны делятся следующим образом: *хризопраз* - яблочно или изумрудно-зеленый; *маторолит* - изумрудно-зеленый прозрачный; *сапфирин* - голубовато-синий; *сердолик* - розовый; *карнеол* - мясо-красный; *сардер* - буроватый; *гелиотроп* - темно-зеленый халцедон с красными пятнами; *черный агат* или *черный оникс* окрашен в темно-серый цвет. Полосчатая разновидность халцедона называется *агатом*. Разновидность халцедона, загрязненная глинистыми примесями, носит название *кремня*.

Генезис. Опал образуется в недрах из жидкой массы кремнезема, которая, застывая, сохраняет в своем составе небольшое количество воды, в некоторых случаях - до 10% веса.

Месторождения. Промышленные месторождения благородных опалов известны в Чехии, Словакии, Мексике, Гондурасе, Бразилии и США, но уникальными считаются месторождения Австралии, дающие 80 - 95% мировой добычи опала.

Практическое значение. Некоторые опалы относятся к разряду поделочных камней.

Магнетит ($FeFe_2O_4$) (магнитный железняк) (по названию местности *Магнезия* в Фессалии, Греция; некоторые авторы считают это название производным от *Магнес* – имени пастуха, который первым открыл минерал на горе Ида, заметив, что гвозди его башмаков и железный наконечник посоха прилипают к породе) (рис. 41).

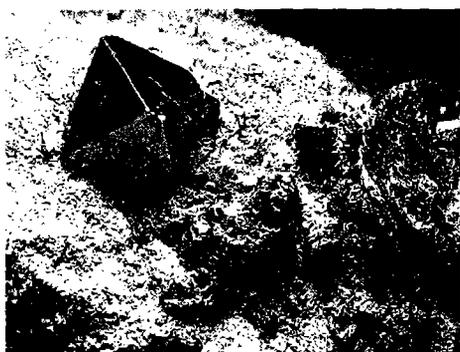


Рис. 41 Магнетит.

Химический состав. FeO - 31%, Fe₂O₃ - 69%, содержание Fe - 72,4%. Обычно

бывает сравнительно чистым по составу¹³.

Цвет. Железно-черный, иногда с синеватой побежалостью на кристаллах.

Цвет черты. Черная.

Блеск. Металловидный.

Прозрачность. Непрозрачен.

Спайность. Несовершенная.

Излом. Зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 5,5 – 6,5.

Удельный вес. 4,9 – 5,2.

Диагностические признаки. Черный цвет, зернистый излом, магнитность.

Кристаллическая форма. Кристаллы октаэдрической формы.

Форма нахождения в природе. Зернистые агрегаты, друзы, кристаллы.

Генезис. Магматический, пегматиты, контактово-метасоматический и гидротермальный; при региональном метаморфизме; редко – в экзогенных условиях.

¹³ Магнетит никогда не отвечает формуле $FeFe_2O_4 = Fe_3O_4$. Отношение FeO : Fe₂O₃ в нем обычно несколько меньше единицы.

Месторождения. Сибирь, Южный Урал, КМА, Центральный Казахстан, Украина. За рубежом: Швеция (Кирунаваара, Люоссаваара), США (Верхнее Озеро).

Практическое значение. Сырье для выплавки чугуна, стали.

Гематит (Fe_2O_3) (железный блеск, железная слюдка, красный железняк, кровавик) (греч. *гематикос* - кровавый) (рис. 42).

Химический состав. Fe_2O_3 ; Fe - 70,0%. Иногда в виде изоморфных смесей присутствуют Ti, Mg, Al; в незначительном количестве – вода, кремнезем, глина.

Цвет. Черный до стально-серого (крупнокристаллические агрегаты); темно-красный до ярко-красного (в скрытокристаллических агрегатах) Иногда радужная побежалость.



Рис. 42 Гематит.

Цвет черты. Вишнево-красная, иногда коричневая.

*Блеск.*Metalловидный, тусклый.

Прозрачность. Не прозрачен; в тончайших пластинах просвечивает.

Спайность. Отсутствует.

Излом. Землистый.

Твердость по шкале Мооса. 5,5 – 6.

Удельный вес. 4,9 – 5,3.

Диагностические признаки. Цвет черты, высокая твердость, отсутствие магнитности.

Кристаллическая форма. Пластинчатые, ромбоэдрические и таблитчатые кристаллы.

Форма нахождения в природе. Землистые агрегаты, натечные формы, кристаллы – редко.

Генезис. Метаморфический, пегматиты – редко, коры выветривания; гидротермальный, контактово-пневматолитовый; при региональном метаморфизме; в незначительных количествах присутствует в изверженных породах.

Месторождения. Украина (Кривой Рог), Урал. За рубежом: США (Верхнее Озеро), Бразилия (Минас-Жерайж), о.Эльба.

Практическое значение. Сырье для выплавки чугуна, стали. Чистые разновидности порошкового гематита употребляются в качестве красок для изготовления красных карандашей.

Лимонит ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) (бурый железняк, болотная руда) (греч. *лимон* — луг, болото, т.к. часто его находили в болотах — болотная руда)) (рис. 43).

Химический состав. Окись железа Fe_2O_3 - 86—89%, H_2O 10—14%.

Цвет. От темно-коричневого до цвета ржавчины.

Цвет черты. Желтовато-бурая.

*Блеск.*Metalлоидный до матового.

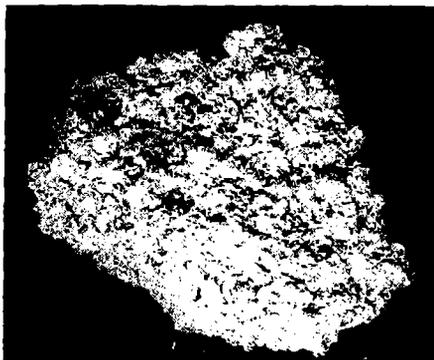


Рис. 43 Лимонит.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Отсутствует.

Излом. Землистый.

Твердость по шкале Мооса. 1,0 – 5,0

Удельный вес. 3,6 – 5,2.

Диагностические признаки. Цвет черты.

Кристаллическая форма. Аморфный минерал.

Форма нахождения в природе. Землистые агрегаты, натечные формы, оолиты,

жеоды

Генезис. Гипергенный, коры выветривания, псевдоморфозы по пириту, при выветривании из сидерита, биогенный (на дне болот при посредстве железобактерий).

Месторождения. Тульская обл, Липецк, Нижегородский край, Урал, Крым. Болотные железные руды также добывают в некоторых странах Европы. Лимонит как продукт гидратации гематита часто встречается в гематитовых рудных телах в районе оз. Верхнего в США, Германия (округ Магдебург), Лотарингия (Франция).

Практическое значение. Сырье для выплавки чугуна, стали. Лимонит используется также для изготовления пигмента – желтой охры.

Корунд (Al_2O_3) (древнеинд. каурунтака - корунд) (рис.44).



Рис. 44 Корунд.

Химический состав. Al_2O_3 96—98,6%, иногда содержит примеси Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , связанную воду. Кристаллические разновидности исключительно чисты по составу.

Цвет. В зависимости от примесей Cr может быть красным; Fe^{3+} в смеси с Mn дает коричневую и розовую окраску; Ti – синюю; смесь Fe^{3+} и Fe^{2+} – черную. Различные разновидности корунда носят свои названия¹⁴.

Цвет черты. Нет (твердость по шкале Мооса – 9).

Блеск. Стекланный до алмазного, перламутрового.

Прозрачность. Просвечивает в осколках; драгоценные разновидности – прозрачны.

Спайность. Отсутствует.

¹⁴ бесцветный синий корунд называется сапфиром; зеленый – восточный изумруд; красный рубин; желтый – восточный топаз; оранжевый корунд называются напараджа, бесцветный лейкосапфиром; минеральные агрегаты в виде сплошных пестроокрашенных зернистых масс называются наждаком.

Излом. Неровный, зернистый, раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 9,0

Удельный вес. 3,9 – 4,0

Диагностические признаки. Твердость.

Кристаллическая форма. Бочонкообразные или пластинчатые кристаллы, обычно неровные или округленные.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, зернистые агрегаты

Генезис. Встречается в глубинных магматических породах (корундовые сиениты); в контактово-пневматолитовых жилах (прозрачные разновидности); в результате метаморфизма.

Месторождения. Якутия, Челябинская обл. Полярный Урал, Западная Сибирь, Казахстан; Канада, Индия, Бирма, Кашмир, Юж. Норвегия, и др.)

Практическое значение. Обычный корунд и наждаки используются как абразив. Прозрачные окрашенные кристаллы – драгоценные камни первого класса. Высококачественные корунд применяется в точной механике, а лазерах и других оптических устройствах.

Боксит ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) (назван по месту находки в Боксе, Франция) (рис.45).

Химический состав. $Al_2O_3 \cdot nH_2O$, примеси маловодных гидратов окиси железа, каолинита, кремнезема, TiO_2 .

Цвет. Белый, серый, охряно-желтый, буровато-красный.

Цвет черты. Белая до бурой.

Блеск. Матовый.

Прозрачность. Непрозрачный.

Спайность. Отсутствует.

Излом. Неровный, землистый.



Рис. 45 Боксит.

Твердость по шкале Мооса. 2,5 - 4

Удельный вес. 2,5

Диагностические признаки. Цвет, цвет черты, оолитовые агрегаты.

Кристаллическая форма. Нет

Форма нахождения в природе. Оолитовые землистые агрегаты.

Генезис. Гипергенный (коры выветривания)

Месторождения. Урал; Австралия,

Гвинея, Ямайка, Суринам, Бразилия, Югославия, Греция и др.

Практическое значение. Главная руда на алюминий. Используется также для получения абразивов (алундум), при производстве специальных сортов цемента и солей алюминия.

Класс галоиды

К этому классу относится приблизительно 100 минералов, представляющих собой соли галогеноводородных кислот HF, HCl, HBr и HI. Наиболее распространены хлориды Na, K и Mg (галит - каменная соль, поваренная соль - NaCl, сильвин - KCl), фториды Ca, Na и Al (флюорит - плавиковый шпат - CaF₂).

Галоиды имеют небольшое значение как породообразующие минералы, но очень важны в практическом отношении. Галит используется в пищевой промышленности, сильвин применяется как удобрение, а флюорит – в металлургии при плавке металлов, в стекольной и химической промышленности для получения плавиковой кислоты и криолита.

Галит (NaCl) (от греч. соль) (рис. 46).



Рис. 46 Галит.

Химический состав. NaCl. Cl – 60,6%, Na – 39,4%

Цвет. Белый до прозрачного, от примесей иногда серый, розоватый и синий.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклообразный.

Прозрачность. Бывает как прозрачным, так и непрозрачным.

Спайность. Совершенная по кубу.

Излом. Ступенчатый, неровный, зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,0

Удельный вес. 2,16

Диагностические признаки. На вкус соленый.

Кристаллическая форма. Часто встречаются кристаллы в виде кубов.

Форма нахождения в природе. Кристаллические агрегаты, натечные формы, штоки.

Генезис. Гипергенный (в условиях сухого и жаркого климата).

Месторождения. Камчатка, Якутия, Архангельская, Оренбургская, Астраханская, Волгоградская области; США, Германия, Италия, Канада, Алжир и т.д.

Практическое значение. Пищевая промышленность (7-10 кг соли в год на 1 чел.), химическая промышленность.

Сильвин (KCl) (от старого химического названия этого вещества *Sal digestivus Sylvii*, т.е. пищеварительная соль Сильвиуса (1624-1672), голландского физика и химика из Лейдена) (рис. 47).

Химический состав. KCl. Cl – 47,5%, K – 52,5%. Часто содержит примеси NaCl и Fe₂O₃, в виде изоморфной примеси KBr, RbCl, CsCl; включения жидкостей и газов: азота, углекислоты, водорода, метана, гелия.

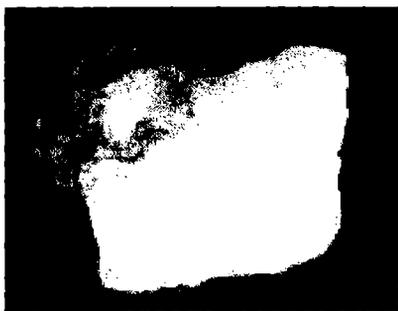


Рис. 47 Сильвин.

Цвет. Чистые разновидности бесцветны и прозрачны. Молочно-белый цвет обусловлен включениями мельчайших пузырьков газов. Окраска ярко-красных и розовых сильвинов обусловлена включениями гематита.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклообразный.

Прозрачность. Бывает как прозрачным, так и непрозрачным.

Спайность. Совершенная по кубу.

Излом. Ступенчатый, неровный, зернистый в агрегатах.

Твердость по шкале Мооса. 2,0

Удельный вес. 1,5 – 2,0

Диагностические признаки. На вкус горько соленый.

Кристаллическая форма. Часто встречаются кристаллы в виде кубов. Нередко наблюдаются кубы, притупленные по углам гранями октаэдра.

Форма нахождения в природе. Кристаллические агрегаты, натечные формы, кристаллы редки.

Генезис. Гипергенный (в условиях сухого и жаркого климата).

Месторождения. Украина, Германия, Франция т.д.

Практическое значение. Изготовление удобрений, химическая промышленность, пиротехника, фотографии.

Флюорит (CaF₂) (плавиковый шпат) (от лат. *течь*, так как

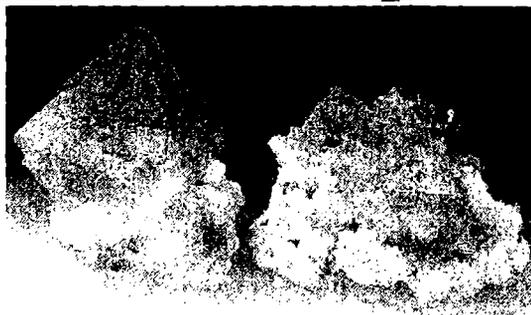


Рис. 48 Флюорит.

он плавится легче, чем другие минералы, с которыми его путают) (рис. 48).

Химический состав. Ca – 51,2%, F – 48,8%, иногда содержит в виде изоморфной примеси Cl, битуминозные вещества, Fe₂O₃, редкие земли, может содержать уран, фтор, гелий.

Цвет. Бесцветный – редко. Чаще окрашен в желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, розовый, иногда в фиолетово-черный в ассоциации с окислами урана.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклообразный.

Прозрачность. Просвечивает.

Спайность. Совершенная по граням октаэдра.

Излом. Ступенчатый, раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 4,0

Удельный вес. 3,2

Диагностические признаки. Форма кристаллов, цвет, твердость, спайность; в отличие от сходных внешне карбонатов не реагирует с HCl.

Кристаллическая форма. Кристаллы кубической, реже октаэдрической формы.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, кристаллические агрегаты, друзы, щетки, налеты.

Генезис. Гидротермальный, осадочный.

Месторождения. Забайкалье, Восточная Сибирь, Казахстан, Кольский п-ов, Урал; Италия, США, Франция и др.

Практическое значение. Используется как флюс в металлургии, получение плавиковой кислоты; прозрачные разновидности применяются в оптике.

К л а с с к а р б о н а т ы

Из неорганических соединений углерода в природе известно около ста минералов, большая часть из которых относится к солям угольной кислоты (H_2CO_3) и получила название карбонатов. Эти минералы широко распространены в верхней части литосферы и среднее их содержание в земной коре составляет 1,5 мас.%. К карбонатам относятся такие породообразующие минералы как кальцит, арагонит - $CaCO_3$, магнезит - $MgCO_3$, доломит (горький шпат) - $CaMg(CO_3)_2$, сидерит - $FeCO_3$, основные карбонаты меди: малахит - $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ и азурит - $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$. Кальцит - один из самых распространенных минералов. Его прозрачная разновидность называется исландский шпат, полосчатая разновидность - мраморный оникс. Жемчуг - арагонит органического генезиса.

Все карбонаты вступают в реакцию со слабой (5 - 10 %-ной) соляной кислотой, которая сопровождается выделением углекислого газа. Степень интенсивности этой реакции позволяет отличать сходные по внешнему виду карбонаты.

Для карбонатов характерно весьма высокое двулучепреломление - следствие наличия в структуре этих минералов плоских групп $[CO_3]^{2-}$.

В большинстве случаев карбонаты образуются в гипергенных процессах (хотя известны и магматические карбонаты). Происхож-

дение некоторых карбонатов, например, кальцита в известняках, связано с жизнедеятельностью организмов. Гидротермальные карбонаты распространены в жилах, контактово-метасоматических зонах, в отложениях минеральных источников, в миндалинах вулканических пород. Многие карбонаты имеют практическое значение как руды на железо, цинк, свинец и медь. Плотные массивные карбонатные породы - известняки, мраморы, доломиты - используются в качестве строительного материала.

Кальцит ($CaCO_3$) (известковый шпат) (от лат. известь (calx); слово кальций имеет то же происхождение; слагает известняк, мел) (рис. 49).



Рис. 49 Кальцит.

Химический состав. $CaCO_3$, содержит примеси Mg, Fe и Mn.

Цвет. Большею частью бесцветный или молочно – белый, иногда за счет примесей окрашивается в различные цвета: серый, желтый, розовый, крас- красный, бурый, черный.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеглянный.

Прозрачность. Может быть как прозрачным, так и не прозрачным¹⁵.

Спайность. Совершенная в трех направлениях по ромбоэдру.

Излом. Ступенчатый, неровный, раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 3,0

Удельный вес. 2,6 – 2,8

Диагностические признаки. Спайность, реакция с HCl, форма кристаллов.

Кристаллическая форма. Ромбоэдры, скаленоэдры.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, кристаллические агрегаты, друзы, щетки, корки, оолиты, натски.

Генезис. Гидротермальный, органогенный, гипергенный, осадочный.

Месторождения. Исландский шпат – Исландия (откуда и название), Греция; Крым, Северный Кавказ, Якутия, Забайкалье.

Практическое значение. Исландский шпат используется в оптике; используется при производстве цемента, извести.

Арагонит ($CaCO_3$) (назван по месту в Арагонии (Испания), где впервые был установлен) (рис. 50).

¹⁵ Прозрачная разновидность кальцита называется исландским шпатом; полосчатый - мраморный опикс.

Химический состав. В большинстве случаев представляет собой чистый CaCO_3 , в качестве примесей может содержать SrO , MgO , PbO .

Цвет. Обычно бесцветный или снежно-белый, реже серый, желтоватый, синий, зеленый, фиолетовый, розово-красный.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стекланный, на изломе жирный.

Прозрачность. Может быть как прозрачным, так и не прозрачным.

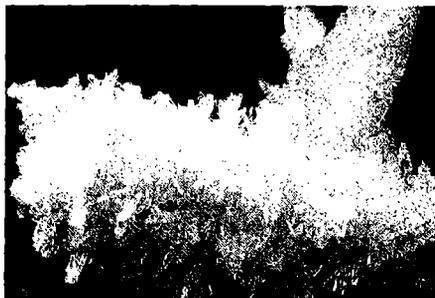


Рис. 50 Арагонит.

Спайность. Несовершенная.

Излом. Раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 3,5-4,0

Удельный вес. 3,0

Диагностические признаки. Реакция с HCl ; от кальцита отличается отсутствием спайности по ромбоэдру, форма кристаллов.

Кристаллическая форма. Призматическая, игольчатая.

игольчатая.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, кристаллические агрегаты, друзы, щетки, корки, оолиты, натски.

Генезис. Гидротермальный, осадочный¹⁶, гипергенный, органогенный.

Месторождения. Испания, Чехословакия, Армения.

Практическое значение. Поделочный материал.

Доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) (горький шпат) (в честь французского геолога и минералога Д. де Доломье) (рис.51).



Рис. 51 Доломит.

Химический состав. По составу близок к $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, но иногда наблюдаются изоморфные переходы $\text{Mg} \leftrightarrow \text{Fe}$, в более редких случаях – происходит частичное замещение Mg на Mn . Иногда доломиты содержат ZnO , PbO , CoO , V_2O_5 .

Цвет. Бывает разных цветов, но большей частью белый, желтый и серый.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стекланный, иногда перламутровый.

Прозрачность. Может быть как прозрачным, так и не прозрачным.

¹⁶ Жемчуг -- арагонит органического генезиса.

Спайность. Совершенная по ромбоэдру.

Излом. Ступенчатый, раковистый, неровный.

Твердость по шкале Мооса. 3,5-4,0

Удельный вес. 2,8 - 3,0

Диагностические признаки. Реакция с HCl в порошке.

Кристаллическая форма. Ромбоэдры.

Форма нахождения в природе. Кристаллы встречаются редко, кристаллические агрегаты.

Генезис. Гидротермальный, осадочный

Месторождения. Урал, Украина, Сибирь, Кавказ; Корея, Китай, Чехословакия, Австрия, Англия, США.

Практическое значение. Строительство, термоизоляционный материал, огнеупорный материал, флюс в металлургии, применяется также в химической промышленности.

К л а с с ф о с ф а т ы

К этому классу относятся минералы ортофосфорной (H_3PO_4) кислоты.

Распространенность этих минералов в земной коре относительно невелика. Многие из них являются редкими или очень редкими минералами. В большинстве случаев они имеют гипергенное происхождение - образуются в близповерхностных условиях в результате разложения органических остатков. Некоторые фосфаты образуются магматическим путем.

Наиболее устойчивым в земной коре фосфатом является апатит - $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$. Он встречается во многих типах магматических и метаморфических пород и используется как сырье для производства фосфорных удобрений. К породообразующим минералам данного класса относится также фосфорит - $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$.

Anatum $Ca_5[PO_4]_3 \cdot (Cl, F)$ (греч. *апатао* обманывать,

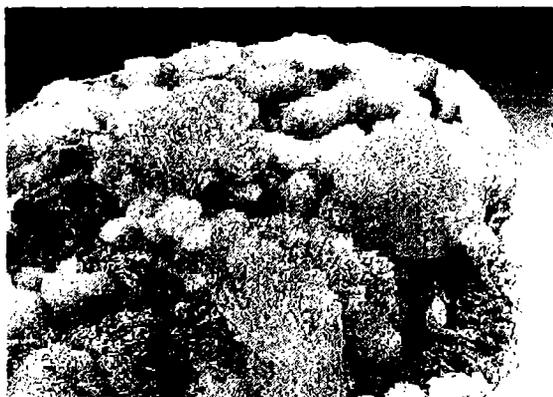


Рис. 52 *Anatum*.

так как драгоценные разновидности его путали с другими минералами) (рис.52).

Химический состав. Постоянно наблюдаются изоморфные примеси Mn, Fe, иногда Sr, Mg, Al, Tr, Th, CO_2 , SO_3 , Cl, SiO_2 .

Цвет. Обычно окрашен в различные оттенки зеленого цвета; известны бурые и фиолетовые

разновидности.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеглянный, на изломе жирный.

Прозрачность. Непрозрачный.

Спайность. Несовершенная.

Излом. Неровный, раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 5,0

Удельный вес. 3,2

Диагностические признаки. Твердость, цвет.

Кристаллическая форма. Призматические, реже таблитчатые.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, зернистые агрегаты, друзы.

Генезис. Гидротермальный, магматический.

Месторождения. Кольский п-ов.

Практическое значение. Приготовление для приготовления фосфорнокислых удобрений.

Фосфорит $Ca_5[PO_4]_3 \cdot (Cl, F)$ (название дано по химическому составу минерала) (рис.53).

Химический состав. Близок по составу к апатиту; содержит механические примеси глины и других веществ.

Цвет. Буровато-серый, бурый, темнобурый.

Цвет черты. Слабая серая.

Блеск. Матовый.

Прозрачность. Непрозрачный.

Спайность. Аморфный.

Излом. Зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 5,0

Удельный вес. 3,2

Диагностические признаки. Форма нахождения в природе.

Кристаллическая форма. Не образует.

Форма нахождения в природе. Конкреции, псевдоморфозы по костям животных.

Генезис. Осадочный (биохимический).

Месторождения. Западная Украина,

Казахстан; США, Алжир, Тунис, Марокко.

Практическое значение. Приготовление для приготовления фосфорнокислых удобрений.



Рис. 53 Конкреции фосфорита в песчанике.

Класс сульфаты

В природе известно около 300 минералов, относящихся к этому классу соединений, но по массе они составляют менее 0,1 % веса земной коры. Наиболее часто в природе встречаются следующие сульфаты: гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангидрит (безводный гипс) - CaSO_4 , барит (тяжелый шпат) - BaSO_4 , целестин - SrSO_4 , англезит - PbSO_4 , тенардит - Na_2SO_4 , мирабилит - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, алунит - $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ и ярозит - $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$.

Наиболее распространен из минералов данного класса гипс, реже встречается ангидрит. Тонкозернистые сплошные массы обыкновенного гипса называют алебастром. Волокнистая разновидность светлого голубоватого гипса называется селенитом.

Сульфаты - это минералы, представляющие собой соли серной кислоты (H_2SO_4), могут образовываться в природе лишь в условиях повышенной концентрации кислорода, необходимой для перевода серы в высшую степень окисления (S^{6+}) и при относительно низких температурах. Такие условия в земной коре создаются вблизи поверхности, где и встречается основная масса сульфатов.

Гипс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (греч. *штукатурка*; древнее название, равно относилось к гипсу, обезвоженному гипсу, извести и другим подобным материалам)¹⁷ (рис. 54).

Химический состав. Обычно соответствует формуле. В виде механических примесей встречается глинистое, органическое вещество, включения песчинок, иногда сульфидов.



Рис. 54 Гипс.

Цвет. Белый, серый, розовый, синий, бесцветный.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стекланный с перламутровым отливом, шелковистый у волокнистых разновидностей.

Прозрачность. Может быть как прозрачным, так и непрозрачным.

Спайность. Совершенная в одном направлении.

Излом. Занозистый у волокнистых разновидностей.

Твердость по шкале Мооса. 2,0

Удельный вес. 2,3

Диагностические признаки. Твердость (царапается ногтем), спайность.

Кристаллическая форма. Кристаллы таблитчатой формы, реже столбчатые или призматические.

¹⁷ Мелкозернистый белый и розовый гипс получил название *алебастр*, волокнистый - *селенит*.

Форма нахождения в природе. Зернистые, игольчатые, пластинчатые агрегаты, друзы

Генезис. Осадочный, редко гидротермальный.

Месторождения. Западное Приуралье, Башкортостан, Татария, Дагестан, Узбекистан.

Практическое значение. Строительство, цементная промышленность, хирургия, бумажная промышленность.

Ангидрит $Ca[SO_4]$ (безводный гипс) (греч. без воды; в



Рис. 55 Ангидрит.

отличие от более обычного сульфата кальция – гипса, который содержит много воды) (рис.55).

Химический состав. CaO 41,2%; SO₃ 58,8%. В виде примеси довольно часто содержит стронций.

Цвет. Белый, часто с голубым, сероватым, иногда красноватым оттенком. Встречаются бесцветные прозрачные кристаллы.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стекланный, на плоскостях спайности - перламутровый.

Спайность. Совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям.

Излом. Зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 3,0 – 3,5

Удельный вес. 2,8 – 3,0

Диагностические признаки. В отличие от гипса не царапается ногтем, в отличие от кальцита не реагирует с кислотой.

Кристаллическая форма. Кристаллы таблитчатой, призматической формы.

Форма нахождения в природе. Зернистые плотные агрегаты, кристаллы редки.

Генезис. Осадочный, редко гидротермальный.

Месторождения. Западное Приуралье, Донбасс и др.

Практическое значение. Используется при производстве цемента, а также для изготовления поделок.

Барит $Ba[SO_4]$ (тяжелый шпат) (греч. *тяжелый*; по отношению к высокому удельному весу) (рис.56).

Химический состав. BaO 65,7 %; SO₃ 34,3 %. В виде примесей содержит стронций и кальций, иногда Pb, Ra, Fe₂O₃, глинистое, органическое вещество и др.

Цвет. В большинстве случаев окрашен в белый или серый (за счет включений газов и жидкостей), красный (за счет наличия окисей железа), желтый или бурый (гидроокисла железа), темносерый или черный (за счет битуминозных веществ) цвета, иногда имеет голубоватый, зеленоватый и другие оттенки. Встречаются бесцветные водяно-прозрачные кристаллы.



Рис. 56 Барит.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклообразный, на плоскостях спайности - перламутровый.

Прозрачность. Может быть как прозрачным, так и не прозрачным.

Спайность. Совершенная.

Излом. Зернистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,5 – 3,5

Удельный вес. 4,3 – 4,7

Диагностические признаки. Удельный вес, спайность.

Кристаллическая форма. Кристаллы таблитчатой формы, реже призматические или столбчатые.

Форма нахождения в природе. Зернистые, плотные агрегаты, кристаллы, друзы.

Генезис. Осадочный, гидротермальный.

Месторождения. Западная Грузия, Туркмения, Германия.

Практическое значение. Утяжелитель буровых растворов, химическая, резиновая и бумажная, лакокрасочная промышленности, и др.

К л а с с с и л и к а т ы

Силикаты представляют собой наиболее многочисленный класс минералов и слагают около 75 % массы вещества земной коры. Они входят в состав многих горных пород. Некоторые силикаты входят в состав метеоритов. Самыми распространенными в природе являются полевые шпаты.

Для силикатов характерен сложный, часто переменный химический состав и широкие проявления изоморфных замещений одних элементов другими. Главными химическими элементами, входящими в состав силикатов, являются O, Si, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, Li, B, Be, Ti, Zr, а также редкие земли. Роль дополнительных анионов играют (ОН), F, Cl. Кроме того, в состав некоторых минералов класса силикатов входят кристаллизационная, цеолитная, межслоевая и адсорбционная вода.

Одним из главных элементов в составе силикатов является кремний, для которого характерна связь с кислородом. Установлено,

что во всех силикатах каждый ион кремния Si^{4+} находится в соединении с четырьмя ионами кислорода и может быть изображен формулой $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Основная структурная единица силикатов – кремнекислородный тетраэдр – группировка, состоящая из четырех больших ионов кислорода (ионный радиус 0,13 нм) и одного иона кремния (ионный радиус 0,04 нм). При этом центры ионов кислорода образуют четыре вершины тетраэдра, а ион кремния занимает центр такого тетраэдра. Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение других кремнекислородных тетраэдров и ионов других химических элементов.

В основу классификации силикатов положен способ соединения кремнекислородных тетраэдров, которые могут быть обособлены один от другого или соединяться посредством общих кислородных ионов через вершины тетраэдров, создавая сложные радикалы. В зависимости от этого соединения класс силикатов подразделяется на группы: островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листоватые и каркасные (табл. 4).

Группа островные

Оливин ($\text{Mg, Fe}_2\text{SiO}_4$) (назван за оливково-зеленый цвет) (рис. 57). Группа минералов островных силикатов образует изоморфный ряд: форстерит - Mg_2SiO_4 , фаялит - Fe_2SiO_4 и др.

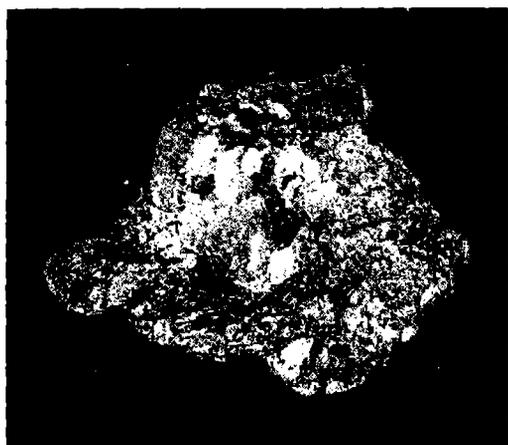


Рис. 57 Оливин.

Химический состав. Обычно варьирует в пределах: MgO - 45 – 50 %, FeO – 8 – 12 %, реже до 20 %, NiO – 0,1-0,3 %, CoO до 0,01 %, иногда присутствует марганец.

Цвет. Имеет обычно зеленый цвет, но также встречается оливин желтого, бурого и красноватого цветов.

Цвет черты. Нет.

Блеск. Стеклообразный, жирный.

Прозрачность. Может быть и про-

зрачным¹⁸ и не прозрачным.

Спайность. Средняя.

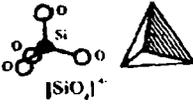
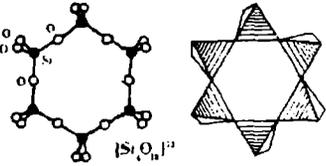
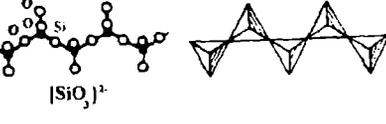
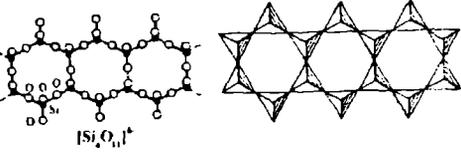
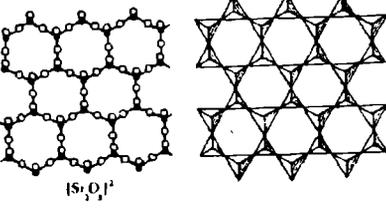
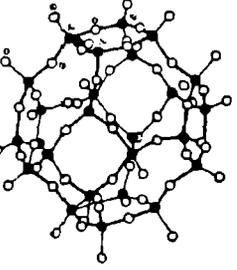
Излом. Зернистый, раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 6,5 – 7,0.

Удельный вес. 3,3 – 4,4.

¹⁸ Прозрачная разновидность оливина называется хризолитом.

Классификация класса силикаты.

<p>Группа островные:</p> <p>Оливин Гранаты</p>		<p>Кремнекислородные тетраэдры не имеют общих вершин, т.е. общих ионов кислорода и удерживаются в решетке ионами других элементов.</p>
<p>Группа кольцевые:</p> <p>Берилл Турмалин</p>		<p>Структура силикатов образована кольцами из трех, четырех или шести кремнекислородных тетраэдров.</p>
<p>Группа цепочечные:</p> <p>Пироксены: Моноклинные – авгит Ромбические – гиперстен</p>		<p>Кремнекислородные тетраэдры соединены в неправильные цепочки с радикалом $[\text{SiO}_3]^{2-}$. Цепочечные силикаты состоят из одианрных цепочек тетраэдров.</p>
<p>Группа ленточные:</p> <p>Амфиболы: Моноклинные – роговая обманка, актинолит Ромбические – актофиллит</p>		<p>В кристаллической структуре принимают участие двоянные цепочки (ленты) кремнекислородных тетраэдров состава $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$. Остающийся ион кислорода входит в состав самостоятельного одновалентного аниона $[\text{OH}]^{-1}$.</p>
<p>Группа листоватые:</p> <p>Силикаты – тальк, серпентин, каолинит Алюмосиликаты – слюды, слориты и гидрослюда</p>		<p>Ленты тетраэдров соединяются в один непрерывный слой состава $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$.</p>
<p>Группа каркасные:</p> <p>Полевые шпаты: Калиево-натриевые (щелочные) – ортоклаз, микроклин Кальциево-натриевые (плаггиоклазы): кислые: альбит, олигоклаз, средние: андезин и основные: лабрадор, битовнит, анортит. Фельдшпатоиды: нефелин (соответствует натриевому полевому шпату), лейцит (соответствует калиевому полевому шпату)</p>		<p>Кремнеалюмокислородные тетраэдры соединены друг с другом всеми четырьмя вершинами, образуя каркас.</p>

Диагностические признаки. Цвет, блеск.

Кристаллическая форма. Короткие столбчатые кристаллы.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, зернистые агрегаты.

Генезис. Магматический. Оливин широко распространенный породообразующий минерал (т. е. может составлять значительную часть горной породы), основной минерал мантии.

Месторождения. Урал, Северный Кавказ, Сибирь, Канада, Верхний Египет, Индия, Бразилия.

Практическое значение. Прозрачные разновидности – хризолиты – употребляются в ювелирном деле; высококачественное сырье для изготовления огнеупорных форстеритовых кирпичей.

Группа цепочечные (пироксены моноклинные)

Авгит $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al})[\text{Si, Al}]_2\text{O}_6$ (греч. блеск; по блеску на плоскостях спайности) (рис. 58).

Химический состав. Содержит значительное количество MgO, FeO. Обогащен Al_2O_3 и Fe_2O_3 , Na_2O . Часть MgO замещается FeO и MnO.

Цвет. Черный, зеленовато- и буровато-черный, реже темнозеленый или бурый.

Цвет черты. Белая, реже зеленовато-серая.

Блеск. Стекланный.

Прозрачность. Не прозрачен.

Спайность. Средняя.

Излом. Неровный.



Рис. 58 *Авгит.*

Твердость по шкале Мооса. 5,0 – 6,0.

Удельный вес. 3,2 – 3,6.

Диагностические признаки. Форма кристаллов.

Кристаллическая форма. Короткие столбчатые, таблитчатые, реже изометрические кристаллы.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, кристаллические агрегаты.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Южный Урал, Карелия, Кавказ.

Практическое значение. Не имеет.

Группа ленточные (амфиболы моноклинные)

Роговая обманка

$Ca_2Na(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(SiAl)_4O_{11}]_2$ (нем. *rog* (horn) и *запутывать* или *обманывать* (blenden) или от старонем. слова означающего любые темные призматические минералы, встречающиеся в рудах, но не содержащие извлекаемых металлов) (рис. 59).

Химический состав. Является смесью силикатов Ca, Mg, Fe и Al в изменяющихся соотношениях с различной примесью железа.



Рис. 59 Роговая обманка.

Цвет. Темно-зеленый до черного.

Цвет черты. Белая с зеленоватым оттенком.

Блеск. Стеклянный.

Прозрачность. Не прозрачен.

Спайность. Совершенная в двух направлениях под 124° .

Излом. Занозистый.

Твердость по шкале Мооса. 5,5 – 6,0.

Удельный вес. 3,1 – 3,5.

Диагностические признаки. Занозистый излом.

Кристаллическая форма. Призматические, столбчатые кристаллы.

Форма нахождения в природе. Кристаллические игольчатые агрегаты.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Южный Урал, Карелия, Кавказ.

Практическое значение. Не имеет.

Группа листоватые (силикаты)

Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$ (жировик) (старинное арабское название минерала) (рис. 60).



Рис. 60 Тальк.

Химический состав. MgO 31,7 %, SiO₂ 63,5 %, H₂O 4,8 %. Обычно часть MgO бывает замещена FeO (до 2-5%), часто присутствует Al₂O₃, иногда NiO.

Цвет. Бледно-зеленый, может быть белым, желтоватым, буроватым, зеленоватым, иногда интенсивным оттенком.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Перламутровый, жирный.

Прозрачность. Тонкие листочки прозрачны и просвечивают.

Спайность. Весьма совершенная в одном направлении.

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 1,0.

Удельный вес. 2,7 - 3,5.

Диагностические признаки. Жирный на ощупь, цвет.

Кристаллическая форма. Таблитчатые кристаллы гексагонального и ромбического облика - крайне редко. Не пригодны для измерения.

Форма нахождения в природе. Листоватые, чешуйчатые агрегаты.

Генезис. Гидротермальный.

Месторождения. Россия, Канада.

Практическое значение. Бумажная, резиновая, красочная, текстильная, керамическая промышленности, парфюмерия. Отличается огнеупорными свойствами.

Серпентин $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ (лат. серпентария - змеевидный)¹⁹ (рис.61).

Химический состав. MgO 43,0 %, SiO₂ 44,1 %, H₂O 12,9 %. Обычно часть MgO бывает замещена FeO (до 2-5%), в виде примесей присутствует FeO, Fe₂O₃ и NiO.

Цвет. Темнозеленый в тонких осколках, бутылочно-зеленый различных оттенков, иногда буровато-зеленый.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Шелковистый, жирный.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Весьма совершенная в одном направлении.



Рис. 61 Серпентин.

Излом. Занозистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,0 – 4,0.

Удельный вес. 2,5 - 2,7.

Диагностические признаки. Волокнистая разность, цвет.

Кристаллическая форма. Слоистая.

Форма нахождения в природе. Листоватые, волокнистые агрегаты.

Генезис. Гидротермальный.

Месторождения. Урал, Северный Кавказ, Армения, Сибирь, Казахстан.

Практическое значение. Облицовочный, поделочный, огнеупорный материал.

¹⁹ Асбест - волокнистая разновидность серпентина.

Каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ (китай. *Кау-Линг* - высокая гора, название холма близ Яучау-Фу, где встречается минерал) (рис.62).

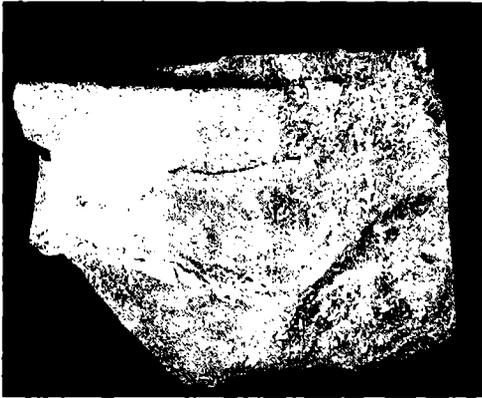


Рис. 62 Каолинит. Цвет черты. Белая. Блеск. Матовый.

Химический состав. Al_2O_3 39,5 %, SiO_2 46,5 %, H_2O 14,0 %. Из примесей устанавливаются: MgO , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , BaO , SiO_2 и др.

Цвет. Отдельные чешуйки и пластинки бесцветны. Сплошные массы – белого цвета, нередко с желтым, буроватым, красноватым, иногда зеленоватым или голубоватым оттенком.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Весьма совершенная.

Излом. Землистый.

Твердость по шкале Мооса. 1,0 – 2,0

Удельный вес. 2,6

Диагностические признаки. Жирный на ощупь, пачкает руки

Кристаллическая форма. Пластинчатые – редко, чаще встречаются столбчатые кристаллические образования.

Форма нахождения в природе. Землистые агрегаты, редко – кристаллы; иногда встречается в виде натечных форм.

Генезис. Гипергенный (продукт гидролиза полевых шпатов), редко - гидротермальный.

Месторождения. Урал, Украина, Англия, Китай, Чехословакия, Франция и др.

Практическое значение. Керамическая промышленность, строительство, бумажная промышленность.

Группа листоватые (алюмосиликаты)

Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ (стар. итал. - московское стекло (Muscovy glass), так как минерал вывозился на запад через Москву) (рис.63).

Химический состав. K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O в различных пропорциях.

Цвет. Бесцветный с зеленоватым, сероватым, желтоватым, редко красноватым оттенком²⁰.

²⁰ Ярко-зеленая слюда, содержащая Cr_2O_3 , называется *фукситом*. Скрытошешуйчатая разновидность мусковита с шелковистым блеском носит название *серпикита*.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклоанный, перламутровый.



Рис. 63 Мусковит.

Прозрачность. В тонких листочках прозрачный.

Спайность. Весьма совершенная в одном направлении.

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 2,0 – 3,0.

Удельный вес. 2,7 – 3,1.

Диагностические признаки. Спайность, цвет.

Кристаллическая форма. Таблитчатые

или пластинчатые кристаллы.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, листоватые агрегаты.

Генезис. Магматический (в интрузивных породах), пневматолитово-гидротермальный, пегматитовые жилы.

Месторождения. Восточная Сибирь, Индия, США, Бразилия, Канада и др.

Практическое значение. Электроизолятор, тугоплавкий минерал применяется для изготовления огнестойких материалов (кровельный толь), обоев, писчей бумаги и т.д.

Биотит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ (черная железомagneзиальная руда) (в честь Ж.Б.Биота (1774-1862), французского



Рис. 64 Биотит.

физика, изучавшего оптические различия между слодами) (рис.64).

Химический состав. K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O в различных пропорциях²¹.

Цвет. Черный, бурый, темно-зеленый.

Цвет черты. Белая, зеленоватая.

Блеск. Стеклоанный, перламутровый.

Прозрачность. Просвечивает.

Спайность. Весьма совершенная в одном направлении.

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 2,0 – 3,0

Удельный вес. 3,0 – 3,1

Диагностические признаки. Спайность, цвет.

²¹ Разновидности биотита: мероксен (греч. “мерокс” — чуждый) — нормальный, бедный железом биотит; лепидомелан (греч. “леганос” — чешуя, “мелас” — черный); сидерофиллит (греч. “сидер” — железо, “филлос” — лист) — весьма богатый железом и почти не содержащий магния биотит.

Кристаллическая форма. Таблитчатые, пирамидальные, столбчатые кристаллические образования.

Форма нахождения в природе. Листоватые агрегаты, редко – друзы.

Генезис. Магматический (в интрузивных породах), пневматолитово-гидротермальный, пегматитовые жилы.

Месторождения. Ильменские горы, Борщовский кряж, р. Слюдянка; Гренландия, Скандинавия.

Практическое значение. Электротехника, иногда применяется для изготовления различных украшений.

Хлорит $5(Mg,Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_3 \cdot 4H_2O$ (греч. хлорос – зеленый, за окраску) (рис. 65).

Химический состав. $5(Mg,Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_3 \cdot 4H_2O$ Содержит небольшие примеси CoO , Na_2O , K_2O , CO_2 , S , P_2O_5 .



Рис. 65 Хлорит.

Цвет. Большая часть минералов окрашена в зеленый цвет.

Цвет черты. Светлая, зеленоватая.

Блеск. Стеклообразный, перламутровый.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Весьма совершенная в одном направлении.

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 2,0 – 2,5.

Удельный вес. 2,6-2,8.

Диагностические признаки. Спайность, цвет.

Кристаллическая форма. Пластинчатые.

Форма нахождения в природе. Листоватые, чешуйчатые агрегаты, редко – друзы.

Генезис. Метаморфический (образуется из биотита, авгита и роговой обманки).

Месторождения. Урал.

Практическое значение. Руда на железо (если содержит много железа).

Группа полевые шпаты

Ортоклаз $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (греч. ортос – прямой и клякис – трещина; за прямой угол (90°) между плоскостями спайности) (рис. 66).

Химический состав. K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , часто присутствует Na_2O ; в качестве примесей встречается BaO , FeO , Fe_2O_3 , и др.

Цвет. Светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый²².

Цвет черты. Белая.

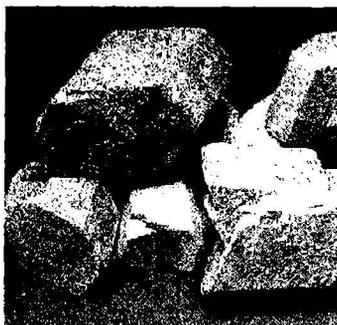


Рис. 66 Ортоклаз.

Блеск. Стеклянный.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Совершенная в двух направлениях под углом 90° .

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 6,0.

Удельный вес. 2,6.

Диагностические признаки. Спайность.

Кристаллическая форма. Призматический.

Форма нахождения в природе. Кристаллы, друзы.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Карелия, Забайкалье, Свердловская обл. и др.

Практическое значение. Поделочный камень.

Микроклин $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (греч. маленький и угол; за небольшое отклонение углов между плоскостями спайности от 90°) (рис. 67).



Рис. 67 Микроклин.

Химический состав. K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , почти всегда присутствует Na_2O ; в качестве примесей встречается Rb_2O , Cs_2O и др.

Цвет. Белый, розовый, зеленовато-серый²³.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклянный.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Совершенная в двух направлениях под углом 90° .

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 6,0.

Удельный вес. 2,6.

Диагностические признаки. Спайность, твердость. От ортоклаза отличается только под микроскопом.

Кристаллическая форма. Призматический.

Форма нахождения в природе. Кристаллические агрегаты, кристаллы, друзы.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Средний Урал, Ильменские горы (амазонит).

Практическое значение. Поделочный камень. Производство эмали, глазури, цветного стекла, фаянса.

²² Бесцветная прозрачная разновидность ортоклаза носит название *адуляра*.

²³ Зеленоватый до сочных голубовато-зеленых – *амазонит*.

Группа плагиоклазы

Альбит $Na[AlSi_3O_8]$ (лат. albus – белый) (рис. 68).



Рис. 68 Альбит.

Химический состав. Na_2O , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , почти всегда содержит K_2O , BaO , SrO , FeO , Fe_2O_3 и др.

Цвет. Белый, серовато-белый.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклянный.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Совершенная в двух направлениях под углом менее 90° .

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 6,0.

Удельный вес. 2,6.

Диагностические признаки. Косой угол спайности, цвет.

Кристаллическая форма. Таблитчато-призматический, таблитчатый.

Форма нахождения в природе. Кристаллические агрегаты, друзы.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Украина, Средний Урал.

Практическое значение. Не имеет.

Лабрадор

изоморфная смесь альбита и анортита

$Na[AlSi_3O_8]+Ca[Al_2Si_2O_8]$ (по месту находки; впервые обнаружен у побережья полуострова Лабрадор в 1770 г.) (рис. 69).

Химический состав. Изоморфная смесь альбита $Na[AlSi_3O_8]$ и анортита $Ca[Al_2Si_2O_8]$.



Рис. 69 Лабрадор.

Цвет. Серый до черного.

Цвет черты. Белая.

Блеск. Стеклянный, перламутровый, с иризацией, преимущественно синей.

Прозрачность. Не прозрачный.

Спайность. Совершенная в двух направлениях.

Излом. Неровный.

Твердость по шкале Мооса. 6,0.

Удельный вес. 2,7.

Диагностические признаки. Иризация.

Кристаллическая форма. Таблитчато-призматический, таблитчатый.

Форма нахождения в природе. Кристаллические агрегаты.

Генезис. Магматический.

Месторождения. Украина.

Практическое значение. Облицовочный материал, поделочный камень.

К л а с с у г л е в о д о р о д н ы е с о е д и н е н и я

К этому классу относят минералы, состоящие из углеводородов: нефть, торф, асфальт, озокерит, ископаемые, гумусовые и сапропелевые угли, а также янтарь. В случае, когда эти минералы встречаются в больших, промышленных количествах, их классифицируют как осадочные горные породы, относящиеся к каустобиолитам.

Нефть (мидийск. нафат, перс. нефт, греч. *naphtha* - полезное ископаемое; горючая маслянистая жидкость)(рис. 70).

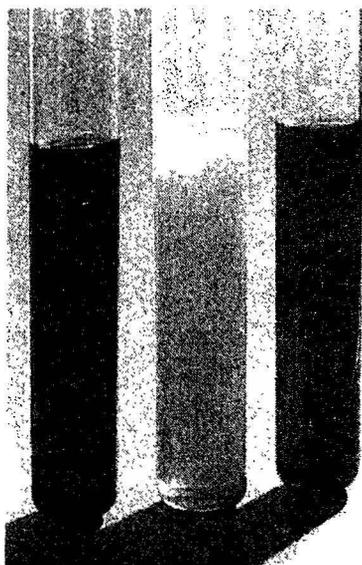


Рис. 70 Образцы нефти.

Химический состав. Представляет собой смесь углеводородов метанового, нафтенового и ароматических рядов с другими органическими соединениями, содержащими кислород, серу, азот. Содержание основных элементов в составе нефти (в %): углерода 82,5 - 87, водорода 11,5 - 14,5, кислорода 0,05 - 0,35, реже до 0,7, серы 0,01 - 5,3, азота 0,001 - 1,8.

Цвет. От светло-коричневого до тёмно-бурого, почти чёрного. В редких случаях нефть может иметь желтую, зеленую, красную или даже белую окраску (бесцветная нефть).

Блеск. Маслянистый.

Прозрачность. Бывает прозрачной и не прозрачной.

Удельный вес. 0,73-1,0 и более.

Диагностические признаки. На воде образует переливающуюся (иризирующую) пленку, горит, имеет запах бензина, керосина, иногда эфира или камфоры.

Форма нахождения в природе. Нефть обычно содержится в залежах²⁴ в пористых осадочных породах (известняках, песчаниках и др.). Известны ее промышленные скопления и в трещиноватых маг-

²⁴ Залежь – естественное локальное единичное скопление нефти и газа в проницаемых, пористых или трещиноватых коллекторах (породах, которые могут содержать в себе углеводороды и отдавать их в процессе разработки). Для формирования залежи необходимо также наличие породы-покрышки, своеобразного экрана, не позволяющего углеводородам мигрировать по разрезу, и способствующей их аккумуляции в коллекторах.

матических и метаморфических породах (месторождение Белый Тигр во Вьетнаме, где нефть добывается из гранитов).

Генезис. Существует две крайние точки зрения – это органическая и неорганическая²⁵. Однако в настоящее время, в свете геодинамических воззрений, ряд ученых считает что нефть имеет смешанный (микстгенетический) генезис (В.П.Гаврилов).

Месторождения. Месторождения нефти известны во всем мире. Около 63% всех запасов нефти сосредоточено на Среднем и Ближнем Востоке. Саудовская Аравия, Кувейт, Ирак, Объединенные Арабские Эмираты и Иран являются странами, где находятся крупнейшие доказанные извлекаемые запасы.

Практическое значение. Топливо.

Торф (от нем. Torf горючее полезное ископаемое) (рис. 71).

Химический состав. Торф состоит из растительных остатков, претерпевших различную степень разложения. Химический состав торфа (в %): углерод 50 - 60, кислород 30 - 40, водород 5 - 6,5, азот 1 - 3, сера 0,1 - 1,5.

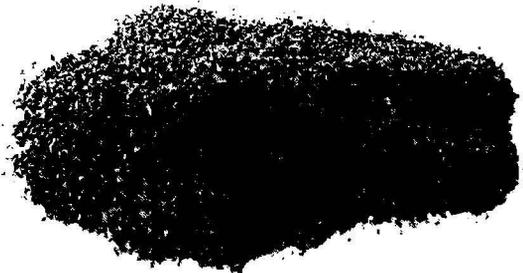


Рис. 71 Торф.

Цвет бурый до чёрного или жёлтый; тёмную окраску торфу придаёт перегной (гумус).

Блеск. Матовый.

Прозрачность. Не прозрачен.

Форма нахождения в природе. Встречается в виде залежей.

Генезис. Торф образуется в процессе естественного отмирания и неполного распада растений в условиях избыточного увлажнения и затруднённого доступа воздуха.

Месторождения. РФ, Белоруссия и др.

Применение. Топливо, теплоизоляционный материал в строительной промышленности, удобрение.

Асфальт (греч. asphaltos - горная смола) (рис. 72).

Химический состав. 80% углерода, 10% водорода и 10% кислорода.

Цвет. Коричнево-черный, черный.

Блеск. Смолистый.

²⁵ М. В. Ломоносов является основоположником гипотезы органического происхождения нефти, объясняя ее образование воздействием "подземного огня" на "окаменелые уголья", в результате чего, по его мнению, образовывались асфальты, нефти и "каменные масла". Согласно гипотезе неорганического происхождения нефти, высказанной Д.И.Менделеевым, нефть образовалась на больших глубинах при высокой температуре вследствие взаимодействия воды с карбидами металлов.

Прозрачность. Не прозрачен.

Удельный вес. 1,2-1,4.

Излом. Раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,0.

Диагностические признаки. Легкий, мягкий, плавится в пламени свечи, имеет запах битума.



Рис. 72 Искусственный асфальт.

Форма нахождения в природе. Залегает в форме жил.

Генезис. Продукт окисления нафтенной нефти.

Месторождения. РФ, Италия, Англия и др.

Применение. Изготовление лаков, асфальтирование дорог.

Озокерит (горный воск) (нем. *Ozokerit*, от греч. *ozo* - пахну и *keros* - воск),

Химический состав. 84% углерода, 16% водорода.

Цвет. От светло-желтого, зеленовато-коричневатого до черного.

Блеск. Восковой.

Прозрачность. Просвечивает.

Удельный вес. 0,9 – 1,0.

Диагностические признаки. Жирный на ощупь, легко плавится. Напоминает воск, в мелких кусочках мнется в руках.

Форма нахождения в природе. Залегает пластами, иногда заполняет трещины в породах (песчаниках).

Генезис. Образуется при охлаждении парафиновой нефти путем кристаллизации высокомолекулярных углеводородов.

Месторождения. РФ, Украина и др.

Применение. Используется для изготовления искусственного воска (церезина), пропитки тканей (брезента).

Ископаемые угли²⁶ – естественные ископаемые горючие, образовавшиеся из остатков растений и отчасти животных организмов минувших геологических эпох.

Химический состав. Состоят из углерода, водорода, кислорода, серы, азота.

Цвет. Варьирует от светло-коричневого до черного.

Блеск. От матового до яркого блестящего

²⁶ Различают гумусовые угли (бурые угли, каменные угли, антрациты), образовавшиеся в результате разложения высших континентальных растений, в которых исходным материалом является клетчатка (углеводы) и сапропелевые угли (бокхеды и кеннельские угли), возникшие в результате разложения низших растений (водорослей) и животных организмов.

Прозрачность. Не прозрачные.

Удельный вес. От менее 1 до $\sim 1,7$ г/см³ в зависимости от степени изменения и уплотнения, а также от содержания минеральных примесей.

Диагностические признаки. Обычно четко выражена слоистость, или полосчатость, которая обуславливает раскалывание угля на блоки или таблитчатые массы.

Форма нахождения в природе. Встречается в виде вкраплений в осадочных горных породах, а также в виде пластов.

Генезис. Осадочный.

Гумусовые угли

По физическим и химическим признакам, в порядке возрастания количества углерода, ископаемые гумусовые угли могут быть расположены в следующий ряд: бурый уголь – каменный уголь – антрацит.

Бурый уголь, горючее ископаемое растительного происхождения, представляющее собой переходную форму от торфа к

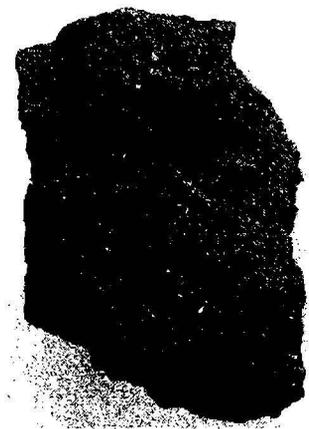


Рис. 73 *Бурый уголь.*



Рис. 74 *Лигнит.*

каменному углю (*рис. 73, 74*). От торфа он отличается большей плотностью и меньшим содержанием различных растительных остатков, от каменных углей - главным образом окраской бурых тонов (от кофейного и палевого до чёрного).

Химический состав. Углерод - около 55-78%, водород - 4-6,5% и более, кислород 15-30%;. характерно наличие гуминовых кислот. Содержание летучих веществ колеблется от 65 до 40%.

По генетическим признакам бурые угли делятся на плотные и зем­листые разновидности с включением иногда в последнюю и лигни­тов²⁷.

Форма нахождения в природе. Слагают как небольшие прослои, так и очень мощные пласты - до 100-120 м.

Месторождения. РФ, Германия, Польша, Индия, Чехословакия, Ук­раина и др.

Применение. Используется как энергетическое топливо и хи­мическое сырьё для получения жидкого топлива и различных син­тетических веществ, газа и удобрений.

Каменный уголь - твёрдое горючее полезное ископаемое рас­



Рис. 75 Каменный уголь.

тительного происхождения с бо­лее высоким содержанием угле­рода и большей плотностью, чем у бурого угля (рис. 75).

Химический состав. Содержит 75-97% и более углерода; 1,5-5,7% водорода; 1,5-15% кислоро­да; 0,5-4% серы; до 1,5% азота; 45-2% летучих веществ; количе­ство влаги колеблется от 4 до

14%; золы - обычно от 2-4% до 45%.

Цвет. Чёрный, иногда серо-чёрный.

Блеск. Полуматовый или матовый, блестящий, жирный.

Прозрачность. Нет.

Излом. Раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,0-3,0.

Удельный вес. 1,25-1,4.

Диагностические признаки. Горит ярким пламенем, распространяя сильный дым и смолистый запах.

Форма нахождения в природе.

Месторождения. Великобритания, Сев. Америка, Китай, Сев.Франции, Бельгия, Чехия, Россия.

Применение. Получение светильного газа, металлургического кокса, топливо.

²⁷ *Лигнит* (от лат. lignit - дерево, древесина), ископаемая, слабообугленная древесина бурого цвета, сохранившая анатомическое строение тканей и по внешности сходная с неизменной древесиной. Образуется при истлевании хвойных пальм, лиственных деревьев под водой без доступа воздуха.

Антрацит – ископаемый уголь высшей стадии углефикации (рис. 76).

Химический состав. 90-94% углерода, до 9% летучих веществ.

Цвет. От бархатно до железно-черного.

Блеск. Сильный стеклянный или полуметаллический.

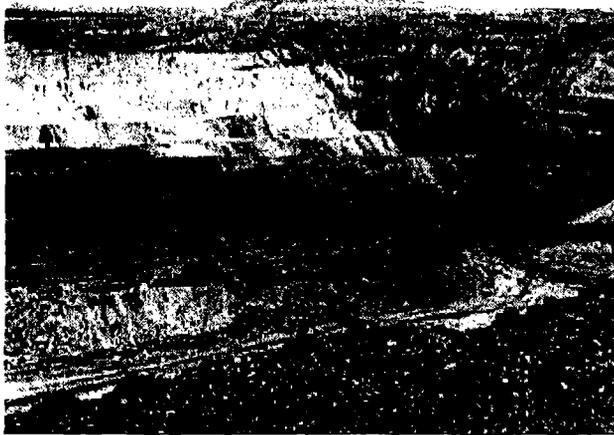


Рис. 76 Добыча антрацита карьерным способом.

Месторождения. Россия, Украина, Пенсильвания, Род-Айленд, франц. Альпы, Валлис, Вестфалия, Силезия.

Применение. Высококачественное энергетическое топливо. Используется также при производстве карбидов, электродов и др.

Сапропелевые угли

Богхед (от шотландского местечка Boghead), разновидность сапропелевых углей, образовавшихся из водорослей.

Химический состав. Характерно высокое содержание водорода (8-12%), летучих веществ (75-90%) и большой выход первичной смолы (до 50%).

Цвет. Черно-бурый, иногда оливкового цвета.

Излом. Раковистый.

Форма нахождения в природе. Залегает линзовидными слоями, сравнительно ограниченно распространёнными

Генезис. Образование Б. происходит в условиях застойного водоёма - озера или лагуны.

Месторождения. Россия, Украина.

Применение. Ценное сырьё для получения искусственного жидкого топлива, смазочных веществ, ценной смолы, свободной от фенолов и асфальтенов; легко гидрируется, образуя масла, богатые циклическими углеводородами.

Кеннель (англ. cannel coal, cannel, от искажённого candle - свеча) разновидность сапропелевого ископаемого угля.

Химический состав. Содержание водорода (6-9%), углерод.

Цвет. Черный с сероватым или слегка бурым оттенком.

Блеск. Тусклый шелковистый.

Излом. Плоско-раковистый, сглаженный.

Форма нахождения в природе. Залегает в пластах гумусовых углей в виде прослоев и линз.

Диагностические признаки. Загорается от спички.

Месторождения. Россия, Украина.

Применение. Значительная плотность и вязкость кеннеля позволяют применять его как отделочный материал для художественных и бытовых изделий.

Янтарь $C_{10}H_{16}O$ (сукцинит) представляет собой ископаемую древесную смолу (рис. 77).



Рис. 77 Янтарь.

Химический состав. $C_{10}H_{16}O$.
Углерода 79%, водорода — 10,5%, кислорода — 10,5%.

Цвет. Желтый, буровато-желтый, бурый и красно-бурый, иногда бесцветный.

Блеск. Стекланный.

Прозрачность. Прозрачный и полупрозрачный.

Излом. Раковистый.

Твердость по шкале Мооса. 2,0 – 2,5.

Удельный вес. Около 1,0.

Диагностические признаки. Цвет, небольшая твердость.

Кристаллическая форма. Аморфный.

Форма нахождения в природе. Капли неправильной формы, оплывы.

Месторождения. Россия, Украина.

Практическое значение. Изолятор в электротехнике, ювелирное дело, химическая промышленность.

Данные об основных породообразующих минералах сведены в единую таблицу (табл.5).

Характеристика основных породообразующих минералов.

№		1.	2.	3.	4.
		Название	Графит	Сера	Пирит
Разновидности, другие названия		<i>Шунгит</i> – скрытокристаллический агрегат		Другое название – серый колчедан, железный колчедан	Другое название – медный колчедан
Формула		C	S	FeS ₂	CuFeS ₂
Цвет минерала		Стально-серый до черного	Желтый, темно-коричневый, черный, красный, зеленовато-серый.	Соломенно-желтый, золотистый	Золотисто-желтый
Цвет черты		Серовато-черная, блестящая	Светло-желтая, белая	Зеленовато-черная	Зеленовато-черная
Блеск		Металлоидный, жирный	Стекланный до жирного	Сильный металлический	Сильный металлический с побежалостью
Прозрачность		Нет	Просвечивает или прозрачна	Нет	Нет
Спайность		Весьма совершенная в одном направлении	Нет	Несовершенная	Весьма несовершенная
Излом		Зернистый	Раковистый, землистый	Неровный, раковистый	Неровный
Твердость по шкале Мооса		1,0-2,0	1,5	6,0 – 6,5	3,5 – 4,0
Удельный вес		2,2	2,0	4,9 – 5,2	4,1 – 4,3
Форма нахождения в природе		Пластины, листочки, кристаллы редки	Кристаллы, землистые агрегаты, корки, друзы	Кристаллы, друзы, щетки, конкреции, кристаллические агрегаты	Кристаллические зернистые агрегаты, реже натехи
Диагностические признаки		Пачкает руки, пишет на бумаге, жирный на ощупь	Цвет, блеск	Кубические кристаллы со штриховкой на гранях, металлический блеск	Металлический блеск с побежалостью
Генезис		Метаморфический, магматический (в условиях высоких температур, восстановительный процесс)	Гипергенный (в зонах окисления H ₂), гидротермальный, вулканогенный	Магматический, гидротермальный, гипергенный	Гипергенный (редко), магматический, гидротермальный
Применение		Карандаши, электроды, смазка, гилги, кислотоупорен, хороший проводник тока	Спичечная, бумажная, кожаная, резиновая пром-ти, медицина, с/х	Производство серной кислоты	Руда на медь
Месторождения		Багатол, Вольты	Фергана (Шор-Су), Куйбышев, Украина	Урал, Кавказ, Рудный Алтай	Кавказ, Норильск (Талнах), Казахстан (Джезказган)

Класс САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Класс СУЛЬФИДЫ

№	5.	6.	7.	8.
Разновидности, другие названия	Другое название - свинцовый блеск	Другое название - цинковая обманка; прозрачный - клейофан	прозрачный - горный хрусталь; желтый - цитрин; фиолетовый - аметист; дымчатый - раух-топаз; черный - морион, зеленый - пражем; буро-красный - авантюрин	красный - сердолик; полосчатый - оникс; зеленый - хризопраз; концентр. - агат; с глиной - кремень
Формула	PbS	ZnS	SiO ₂	SiO ₂
Цвет минерала	Свинцово-серый	Серовато-бурый, коричневый до черного	Наиболее часто - белый, бесцветный, см. разновидности	Желтый, голубой, серый, зеленый и др.
Цвет черты	Серовато-черная, блестящая	Белая или слабоокрашенная в желтые и бурые оттенки	Нет	Нет
Блеск	Сильный металлический	Алмазный, иногда металлический	Стекланный на гранях, жирный на изломе	Восковой, матовый
Прозрачность	Нет	Да, нет	Да: нет (морион)	Просвечивает
Спайность	Весьма совершенная по кубу	Совершенная по ромбодру	Весьма несовершенная	Весьма несовершенная
Излом	Ступенчатый	Ступенчатый	Неровный, раковистый	Раковистый с острыми углами
Твердость по шкале Мооса	2,0 - 3,0	3,5 - 4,0	7,0	6,5 - 7,0
Удельный вес	7,4 - 7,6	3,9 - 4,2	2,6	2,6 - 2,9
Форма нахождения в природе	Кристаллические агрегаты, кристаллы, двойники	Кристаллические агрегаты, двойники, реже кристаллы	Кристаллы, друзы, щетки, жемоны, кристаллические агрегаты	Натеки, жемоны, корки
Диагностические признаки	Удельный вес, блеск, ступенчатый излом	Совершенная спайность, алмазный блеск, иногда - штриховка на гранях	Твердость (режет стекло), отсутствие спайности	Восковой блеск, раковистый излом, просвечивает
Генезис	Гидротермальный (средне- и низкотемпературный)	Гидротермальный; бывает вулканогенный, осадочный	Магматический, гидротермальный, вулканический	Гидротермальный низкотемпературный
Применение	Руда на свинец	Руда на цинк (совместно кадмий, индий, германий)	Ювелирное производство, оптика, радиотехника, стекольная промышленность	Ювелирное пр-во
Месторождения	Кавказ, Чита (Нерчинск), Рудный Алтай	Кавказ, Урал	Урал, Памир, Алдан	Кавказ, Лена, Вилюй, Тимаң, Тунгусска и др., г.Мохо (Йемен)

Класс СУЛЬФИДЫ

Класс ОКИСЛЫ И ГИДРОКИСЛЫ

№	9.	10.	11.	12.
Название	Опал	Магнетит	Гематит	Лимонит
Разновидности, другие названия	белый с иризацией - <i>лунный камень, благородный опал</i> ; белый - <i>гиалит</i>	Другое название - <i>магнитный железняк</i>	Другое название - <i>красный железняк, кровавик</i>	Другое название - <i>болотная руда, бурый железняк</i>
Формула	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe Fe}_2\text{O}_4$	Fe_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Цвет минерала	Белый, желтый, голубой, бурый и др.	Черный	Темно-красный, черный	От темно-коричневого до цвета ржавчины
Цвет черты	Белая	Черная	Вишнево-красная	Желтовато-бурая
Блеск	Жирный, перламутровый, восковой	Металлоидный	Металлоидный, тусклый	Металлоидный до матового
Прозрачность	Нет; просвечивает	Нет	Нет	Нет
Спайность	Аморфен	Несовершенная	Нет	Нет
Излом	Раковистый	Зернистый	Землистый	Землистый
Твердость по шкале Мооса	5,5 - 6,5	5,5 - 6,5	5,5 - 6,0	1,0 - 5,0
Удельный вес	2,0 - 2,2	4,9 - 5,2	4,9 - 5,3	3,6 - 5,2
Форма нахождения в природе	Натечные формы (сталлактиты)	Зернистые агрегаты, друзы, кристаллы	Кристаллы (редко), землистые агрегаты, натечные формы	Натеки, землистые агрегаты
Диагностические признаки	Жирный блеск, раковистый излом	Черный цвет, зернистый излом, магнитность	Вишнево-красный цвет черты	Цвет черты
Генезис	Гидротермальный (гейзериты)	Магматический, метаморфический (контактовый), россыпи осадочных пород (вторичное)	Метаморфический, гидротермальный	Гипергенный
Применение	Поделочный камень	Руда на железо	Руда на железо, минеральная краска (КМА), Кровавик - поделочный камень	Руда на железо
Месторождения	Камчатка - гейзериты, Мексика, Казахстан, Бразилия, Гондурас, Карпаты, Австралия (80-90%), Чехословакия	Урал, Армения, Грузия, КМА	Казахстан, Германия, Англия (поделочный)	Урал (Халиловское), Тула, Керчь, Липецк

Класс ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ

№	13.	14.	15.	16.
Название	Корунд	Боксит	Галит	Сильвин
Разновидности, другие названия	бесцветный синий корунд называется <i>сапфиром</i> ; зеленый – <i>восточный изумруд</i> ; красный – <i>рубин</i> ; желтый – <i>восточный топаз</i> ; оранжевый – <i>падпараджа</i> , бесцветный – <i>лейкосапфир</i> ; минеральные агрегаты в виде сплошных пестроокрашенных зернистых масс называются <i>наждаком</i>			
Формула	Al_2O_3	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$	$NaCl$	KCl
Цвет минерала	Голубовато-серый, серый, синий, красный, зеленый и др.	Розовато-белый до красного; серый, белый и др.	Бесцветный, белый, серый, розоватый и др.	Прозрачный, белый, пестрый, красный, синий и др.
Цвет черты	Нет	Белая до бурой	Белая	Белая
Блеск	Стеклянный	Матовый	Стеклянный	Стеклянный
Прозрачность	Нет, да	Нет	Да, нет	Да, нет
Спайность	Нет	Нет	Совершенная в трех направлениях (по кубу)	Совершенная в трех направлениях (по кубу)
Излом	Неровный, зернистый	Неровный, землистый	Неровный, зернистый, ступенчатый	Неровный, зернистый, ступенчатый
Твердость по шкале Мооса	9,0	2,5 – 4,0	2,0	2,0
Удельный вес	3,9 – 4,0	2,5	2,16	1,5 – 2,0
Форма нахождения в природе	Кристаллы, зернистые агрегаты	Оолитовые землистые агрегаты	Кристаллические агрегаты, натечные формы, штоки	Натеки, кристаллические агрегаты, кристаллы
Диагностические признаки	Высокая твердость	Цвет, оолитовые агрегаты, черта	Соленый на вкус, совершенная спайность	Горько-соленый вкус (жгучий)
Генезис	Метаморфический (контактовый), часты россыпи	Гипергенный (кора выветривания)	Гипергенный (в условиях сухого и жаркого климата)	Гипергенный
Применение	Руда на алюминий, абразивный материал, драгоценный камень	Руда на алюминий	Пищевая промышленность (7-10кг в год на 1 чел.)	Калийные удобрения, пиротехника, медицина (совместно с галитом)
Месторождения	Бирма (рубины, сапфиры), Украина, Урал, Якутия	Венгрия, Франция	Эльтон, Баскунчак, Сиваш, Алжир и др.	Украина

Класс ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ

Класс ГАЛОИДЫ

№	17.	18.	19.	20.
Название	Флюорит	Кальцит	Арагонит	Доломит
Разновидности, другие названия	Другое название <i>плавиковый шпат</i>	полосчатый – <i>мраморный оникс</i> , бесцветный – <i>исландский шпат</i>	<i>жемчуг</i> – арагонит органического генезиса	Другое название <i>горький шпат</i>
Формула	CaF ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂
Цвет минерала	Фиолетовый, белый, зеленый, розовый и др.; редко - бесцветный	Бесцветный, белый, голубой, бурый и др.	Различен, но чаще бесцветный, снежно белый	Различен, но большей частью белый, желтый и серый.
Цвет черты	Белая	Белая	Белая	Белая
Блеск	Стекланный	Стекланный	Стекланный, на изломе жирный	Стекланный, иногда перламутровый
Прозрачность	Просвечивает	Да, нет	Да, нет	Нет
Спайность	Совершенная по граням октаэдра	Совершенная в трех направлениях по ромбоэдру	Несовершенная	Совершенная в трех направлениях по ромбоэдру
Излом	Раковистый, ступенчатый	Ступенчатый, неровный, раковистый	Раковистый	Ступенчатый, раковистый, неровный
Твердость по шкале Мооса	4,0	3,0	3,5 – 4,0	3,5 – 4,0
Удельный вес	3,2	2,6 – 2,8	3,0	2,8 – 3,0
Форма нахождения в природе	Кристаллы, кристаллические агрегаты, друзы, щетки, налеты	Кристаллы, друзы, щетки, корки, натечные формы, оолиты	Друзы, натечные формы, сплошные агрегаты	Землистые агрегаты
Диагностические признаки	Твердость (царапается иголкой, не режет стекло), форма кристаллов, иногда цвет	Реакция с HCl в куске	Реакция с HCl в куске	Вскипает в порошке при воздействии соляной кислоты
Генезис	Гидротермальный	Гипергенный, гидротермальный	Гидротермальный, гипергенный (био-генный)	Осадочный, гидротермальный
Применение	Выплавка металла (флюс), получение фтора, керамика (эмаль), приборы ночного видения	Исландский шпат – оптика (двойное лучепреломление – призма Николя), оникс – поделочный камень	Отделочный камень: мраморный оникс, жемчуг, перламутр	Строительный материал, флюс в металлургии
Месторождения	Забайкалье, Средняя Азия, Англия, Германия, Италия, США, Франция	Исландия, Греция, Крым, Северный Кавказ, Якутия, Забайкалье	Испания, Чехословакия, Армения	Урал, Украина, Сибирь, Кавказ, Корея, Китай, США и др.

Класс ГАЛУИДЫ

Класс КАРБОНАТЫ

№	21.	22.	23.	24.
Название	Апатит	Фосфорит	Гипс	Ангидрит
Разновидности, другие названия			мелкозернистый белый и розовый – алебастр, волокнистый – селенит	Другое название безводный гипс
Формула	$\text{Ca}_5(\text{Cl, F})(\text{PO}_4)_3$	$\text{Ca}_5(\text{Cl, F})(\text{PO}_4)_3$ с примесью глинистого и песчаного материала	$\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	CaSO_4
Цвет минерала	Обычно окрашен в различные оттенки зеленого цвета; известны бурые и фиолетовые разновидности.	Буровато-серый, бурый, темнобурый	Бесцветный, белый, розовый, желтый, серый	Белый, сероватый, голубой, розовый; бывает бесцветным
Цвет черты	Белая	Серая слабая	Белая	Белая
Блеск	На гранях стеклянный, на изломе – жирный	Матовый	Стеклянный с перламутровым отливом, шелковистый у волокнистых разновидностей	Стеклянный, иногда с перламутровым отливом
Прозрачность	Нет	Нет	Нет, да	Нет, да
Спайность	Несовершенная	Аморфен	Совершенная в одном направлении	Совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям
Излом	Неровный, раковистый	Зернистый	Волокнистые разновидности – с занозистым изломом	Зернистый
Твердость по шкале Мооса	5,0	5,0	2,0	3,0 – 3,5
Удельный вес	3,2	3,2	2,3	2,8 – 3,0
Форма нахождения в природе	Кристаллы, зернистые агрегаты, друзы	Конкреции	Зернистые, игольчатые, пластинчатые агрегаты, друзы	Зернистые, плотные агрегаты, мелкие кристаллы (редко)
Диагностические признаки	Твердость, цвет	Форма нахождения в природе	Твердость (царапается ногтем), спайность	Не царапается ногтем, не реагирует с кислотой
Генезис	Магматический, гидротермальный	Осадочный	Осадочный, редко гидротермальный	Осадочный, редко гидротермальный
Применение	Минеральные фосфорные удобрения	Минеральное удобрение	Строительство, скульптура, медицина, химическая промышленность	Изготовление цемента, художественные подделки
Место рождения	Кальский полуостров	Западная Украина, Казахстан, США, Алжир, Тунис и др.	Западное Приуралье, Башкортостан, Татария, Дагестан, Узбекистан	Западное Приуралье и др.

Класс ГАЛОИДЫ

Класс СУЛЬФАТЫ

№	25.	26.	27.	28.
Название	Барит	Оливин	Авгит	Роговая обманка
Разновидности, другие названия	Другое название <i>тяжелый шпат</i>	<i>хризолит</i> – прозрачная разновидность; магниевая разновидность оливина называется <i>форстерит</i> , а железистая – <i>фаялит</i>		
Формула	BaSO ₄	(Mg,Fe) ₂ ·SiO ₄	Ca(Mg,Fe,Al)·[SiAl] ₂ O ₆	Ca ₂ Na(Mg,Fe ²⁺) ₄ ·(Al,Fe ³⁺)·[(SiAl) ₄ O ₁₁] ₂
Цвет минерала	Различный	Обычно зеленый; встречается оливин желтого, бурого и красноватого цветов.	Черный, зеленовато-черный	Темно-зеленый до черного
Цвет черты	Белая	Нет	Белая, реже зеленовато-серая	Зеленовато-белая
Блеск	Стекланный, на плоскостях спайности - перламутровый	Стекланный, жирный	Стекланный	Стекланный
Прозрачность	Нет, да	Да, нет	Нет	Нет
Спайность	Совершенная	Средняя	Средняя	Совершенная в двух направлениях под 124°
Излом	Зернистый	Зернистый, раковистый	Неровный	Занозистый
Твердость по шкале Мооса	2,5 – 3,5	6,5 – 7,0	5,0 – 6,0	5,5 – 6,0
Удельный вес	4,3 – 4,7	3,3 – 4,4	3,2 – 3,6	3,1 – 3,5
Форма нахождения в природе	Зернистые, плотные агрегаты, кристаллы, друзы	Кристаллы (редко), зернистые агрегаты	Кристаллические агрегаты, кристаллы	Кристаллические игольчатые агрегаты
Диагностические признаки	Удельный вес, спайность	Цвет, блеск	Форма кристаллов (столбчатые)	Занозистый излом
Генезис	Гидротермальный, осадочный	Магматический	Магматический	Магматический
Применение	Утяжелитель буровых растворов, химическая промышленность	Хризолит - драгоценный камень	Не имеет	Не имеет
Месторождения	Западная Грузия, Туркмения, Германия	Канада, Урал, Северный Кавказ и др.	Южный Урал, Карелия, Кавказ и др.	Южный Урал, Карелия, Кавказ

Класс СУЛЬФАТЫ

Класс СИЛИКАТЫ Группа ОСТРОВНЫЕ

Класс СИЛИКАТЫ Группа ЦЕПОЧЕЧНЫЕ (ПИРОКСЕНЫ МОНОКЛИННЫЕ)

Класс СИЛИКАТЫ Группа ЛЕНТОЧНЫЕ (АМФИБОЛЫ МОНОКЛИННЫЕ)

№	29.	30.	31.	32.
Название	Тальк	Серпентин	Каолинит	Мусковит
Разновидности, другие названия	Другое название <i>жировик</i>	<i>асбест</i> – волокнистая разность		тонкочешуйчатая разность – <i>серицит</i> ; ярко-зеленая слюда, содержащая Cr_2O_3 , называется <i>фукситом</i>
Формула	$Mg_3(OH)_2 \cdot [Si_4O_{10}]$	$Mg_6(OH)_8 \cdot [Si_4O_{10}]$	$Al_4(OH)_8 \cdot [Si_4O_{10}]$	$KAl_2[F,OH]_2 [AlSi_3O_{10}]$
Цвет минерала	Бледно зеленый, может быть белым, желтоватым, буроватым, зеленоватым, иногда интенсивным оттенком	Зеленый от светлого до темного с голубым оттенком	Белый с различными оттенками	Бесцветный с зеленоватым, сероватым, желтоватым, редко красноватым оттенком
Цвет черты	Белая	Белая	Белая	Белая
Блеск	Перламутровый, жирный	Шелковистый, жирный	Матовый	Стекланный, перламутровый
Прозрачность	Тонкие листочки прозрачны и просвечивают	Нет	Нет	В тонких пластинах прозрачен
Спайность	Весьма совершенная в одном направлении	Весьма совершенная в одном направлении	Весьма совершенная	Весьма совершенная в одном направлении
Излом	Неровный	Занозистый	Землистый	Неровный
Твердость по шкале Мооса	1,0	3,0 – 4,0	1,0 – 2,0	2,0 – 3,0
Удельный вес	3,1 – 3,5	2,5 – 2,7	2,6	2,7 – 3,1
Форма нахождения в природе	Листоватые, чешуйчатые агрегаты	Листоватые, волокнистые агрегаты	Землистые агрегаты, кристаллы редки, иногда - натеки	Кристаллы, листоватые агрегаты
Диагностические признаки	Жирный на ощупь, цвет	Цвет, волокнистая разность	Жирный на ощупь, пачкает руки	Спайность (расщепляется на листочки), цвет
Генезис	Метаморфический (гидротермальный)	Метаморфический (гидротермальный)	Гипергенный (продукт гидролиза полевых шпатов), редко гидротермальный	Магматический, метаморфический
Применение	Медицина, парфюмерия, резиновая, бумажная пром-ть, кислотоупорный	Огнеупорный материал	Керамика, пр-во фарфора, огнеупорный материал, бумажная промышленность	Изолятор, тугоплавкий минерал (500-600°C), вместо стекла
Месторождения	Урал	Урал, Кавказ, Сибирь	Китай, Германия и др.	Восточная Сибирь, Индия, США, Бразилия, Канада и др.

Класс СИЛИКАТЫ Группа ЛИСТОВАТЫЕ СИЛИКАТЫ

Класс СИЛИКАТЫ Группа ЛИСТОВАТЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ

№		33.	34.		36.	37.	
Название	Класс СИЛИКАТЫ Группа ЛИСТОВАТЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ)	Биотит	Хлорит	Класс СИЛИКАТЫ Группа КАРКАСНЫЕ (ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ)	Ортоклаз	Микроклин	
Разновидности, другие названия						<i>амазонит</i> – зеленый	
Формула		$KAl_2[AlSi_3O_{10}] \cdot [OH]_2$	$5(Mg,Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_3 \cdot 4H_2O$			$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
Цвет минерала		Черный, темно-зеленый, бурый	Зеленый			Белый, розовый, серый, красный	Белый, зеленовато-серый, зеленый, розовый
Цвет черты		Белая, зеленоватая	Светлая, зеленоватая			Белая	Белая
Блеск		Стеклообразный, перламутровый	Стеклообразный, перламутровый			Стеклообразный	Стеклообразный
Прозрачность		Прозрачивает	Нет			Нет	Нет
Спайность		Весьма совершенная в одном направлении	Весьма совершенная в одном направлении			Совершенная в двух направлениях под углом 90°	Совершенная в двух направлениях под углом 90°
Излом		Неровный	Неровный			Неровный	Неровный
Твердость по шкале Мооса		2,0 – 3,0	2,0 - 2,5			6,0	6,0
Удельный вес		3,0 – 3,1	2,6 – 2,8			2,6	2,6
Форма нахождения в природе		Листоватые агрегаты	Листоватые, кристаллические агрегаты, редко - друзы			Кристаллические агрегаты, кристаллы, друзы	Кристаллические агрегаты, кристаллы, друзы
Диагностические признаки		Спайность (расщепляется на листочки), цвет	Цвет, спайность			Спайность, твердость	Спайность, твердость
Генезис		Метаморфический, магматический	Метаморфический (образуется из биотита, авгита и роговой обманки)			Магматический	Магматический
Применение	Электротехника	Руда на железо (если много железа)		Поделочный камень	Поделочный камень, пр-во эмали, глазури, цветного стекла, фаянса и т.д.		
Месторождения	Гренландия, Скандинавия и др.	Урал		Карелия, Забайкалье и др.	Средний Урал и др.		

№	Класс ПЛАГИОКЛАЗЫ	38.	39.
Название		Альбит	Лабрадор
Разновидности, другие названия		натриевый плагиоклаз	
Формула		Na [AlSi ₃ O ₈]	Na[AlSi ₃ O ₈]+Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]
Цвет минерала		Белый, сероватый	Серый до черного
Цвет черты		Белая	Белая
Блеск		Стеклянный	Стеклянный, перламутровый
Прозрачность		Нет	Нет
Спайность		Совершенная в двух направлениях под углом менее 90°	Совершенная в двух направлениях
Излом		Неровный	Неровный
Твердость по шкале Мооса		6,0	6,0
Удельный вес		2,6	2,7
Форма нахождения в природе		Кристаллические агрегаты, друзы	Кристаллические агрегаты
Диагностические признаки		Цвет, косой угол спайности	Иризация
Генезис		Магматический	Магматический
Применение		Не имеет	Поделочный камень
Месторождения		Украина, Средний Урал	Украина

ЛИТЕРАТУРА:

1. Атлас минералов и руд редких элементов. Под ред. А.И.Гинсбурга. – М.: Недра, 1977.
2. Барабанов В.Ф. Генетическая минералогия. – Ленинград: Недра: Ленинградское отделение, 1977.
3. Бетехтин А.Г. Минералогия. – М.: Госгеолиздат, 1950.
4. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1961.
5. Булах А.Г. Вводные лекции по минералогии. – Л.: Ленинградский университет, 1984.
6. Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1989.
7. Гаврилов В.П. Общая и историческая геология и геология СССР: Учеб. Для вузов. – М.:Недра, 1989.
8. Геологический словарь. – М.: Недра, 1978.
9. Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1975.
- 10.Здорик Т.Б. Здравствуй, камень! – М.: Недра, 1975.
- 11.Здорик Т.Б. Странички из жизни камня. – М.: Изд-во «Знание», 1980.
- 12.Кантор Б.З. Коллекционирование минералов. – М.: Недра, 1991.
- 13.Критский В.В. Краткий курс минералогии, кристаллографии и петрографии. – М.:Углетехиздат, 1946.
- 14.Лодочников В.Н. Главнейшие породообразующие минералы. Под ред. В.С. Соболева. – М.: Недра, 1974.
- 15.Назарова А.Л. Методические указания к подготовке и проведению лабораторных работ по курсу «Общая геология». – М.:МИНХиГП, 1985.
- 16.Общая и историческая геология. Гаврилов В.П., Мильничук В.С., Никитина Р.Г., Шафранов А.П. – М., 1975.
- 17.Общая и историческая геология. Чарыгин М.М., Васильев Ю.М.– М.: Недра, 1968
- 18.Панюков П.Н., Перфильева З.Г. Основы геологии. – М.: Недра, 1968.
- 19.Павлинов В.Н., Михайлов А.Е., Кизевальтер Д.С. и др. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учеб. пособие для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988.
- 20.Ричард С. Митчелл. Названия минералов. Что они означают? – М.: Мир, 1982.
- 21.Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю. Книга для домашнего чтения по химии - М.: Химия, 1994.

22. Чарыгин М.М. Общая геология. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1963.

Заказ 298

Тираж 200

Отдел оперативной полиграфии
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина