



Введение в минералогию



Министерство образования Республики Башкортостан
Президентская программа «Дети Республики Башкортостан»
Целевая программа «Одаренные дети»
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Башкирский государственный университет
Государственное образовательное учреждение дополнительного образования детей
Республиканский детский оздоровительно-образовательный центр туризма, краеведения и экскурсий
Учреждение Российской академии наук Институт геологии Уфимского научного центра РАН
Российское геологическое общество
Федеральное агентство по недропользованию

**Л. Н. Белан, Г. А. Данукалова, С. Ф. Бабаева,
Е. И. Щербакова, А. Р. Исхакова**

Введение в минералогию

УДК 549.2/8:548
М61

Печатается по решению Ученого совета ИГ УНЦ РАН
Протокол № 3 от 20 апреля 2011 г.

Авторский коллектив:

Л. Н. Белан, Г. А. Данукалова, С. Ф. Бабаева, Е. И. Щербакова, А. Р. Исхакова

Рецензент

С. В. Филимонов, кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры минералогии геологического факультета МГУ

Введение в минералогию : учеб.-метод. пособие / Л. Н. Белан [и др.]. — Уфа : Ди-
М61 зайнПолиграфСервис, 2011. — 136 с.

ISBN 978-5-94423-235-9

Цель методического пособия — изложение азов минералогии, которые необходимы в объеме программ геологических объединений и подготовки детей к республиканским и российским геологическим олимпиадам. В пособии объяснены основные понятия минералогии, дана характеристика форм нахождения минералов в природе, описаны основные диагностические свойства минералов, дана их классификация, описаны наиболее распространенные минералы каждого класса, приведен определитель, а также даны интересные сведения об устаревших названиях минералов, способы выращивания кристаллов в домашних условиях. В конце пособия приведены условия проведения соревнований по минералогии различных уровней.

Для преподавателей географии, учащихся школ, юных геологов, руководителей клубов, школ, кружков юных геологов, для студентов географических, геологических факультетов различных учебных заведений.

УДК 549.2/8:548

ISBN 978-5-94423-235-9

© Коллектив авторов, 2011
© Оформление. ООО «ДизайнПресс», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Минералогия — наука о минералах	5
Как образуются минералы	9
Эндогенные процессы	10
Экзогенные процессы	12
Парагенезис минералов или определение минерала по его окружению	21
Форма нахождения минералов в природе	24
Основы кристаллографии	24
Форма минералов и их агрегатов	29
Формы кристаллов и агрегатов	36
Кристаллы	36
Псевдоморфизм	39
Диагностические свойства минералов	42
Оптические свойства минералов	42
Механические свойства минералов	45
Прочие свойства	49
Классификация минералов	51
Класс самородных элементов, или простых веществ	51
Класс сульфидов	53
Класс оксидов и гидроксидов	54
Класс галогенидов	59
Класс карбонатов	60
Класс сульфатов	63
Сульфаты, хроматы, молибдаты и вольфраматы	63
Фосфаты, арсенаты и ванадаты	64
Класс силикатов	65
Островные силикаты	68
Кольцевые силикаты	69
Цепочечные и ленточные силикаты	69
Листовые (слоистые) силикаты	69
Каркасные силикаты	70
Фельдшпатоиды	73
Как определять минералы	76
Техника безопасности	78
Ключ к определению минералов с помощью таблиц	79
Таблица для определения минералов	80
Устаревшие названия минералов и горных пород	117
Выращивание кристаллов	120
Участие школьников в геологических олимпиадах	125
1. Республиканская (полевая) олимпиада школьников по геологии (летние каникулы) ...	125
2. Республиканская олимпиада школьников по геологии (весенние каникулы)	125
3. Всероссийская (полевая) олимпиада школьников по геологии (летние каникулы)	127
Список минералов и горных пород, рекомендуемых для подготовки к соревнованию «Минералогия и петрография»	128
Рекомендуемая литература и интернет ресурсы	131
Цитированная литература и интернет-ресурсы	131
Рекомендуемая дополнительная литература	134
Об авторах	135

ВВЕДЕНИЕ

Детско-юношеское геологическое движение в республике Башкортостан (ДЮГД РБ) существует с 1960 года. За это время сложились традиции организации работы в кружках и объединениях и участия детей в ежегодных олимпиадах и полевых слетах (полевых олимпиадах). В нашей республике с детьми занимаются педагоги общеобразовательных школ, преподаватели вузов, геологи академических и производственных геологических организаций. Через движение юных геологов прошло уже не одно поколение молодежи, и многие ребята выросли в серьезных специалистах.

В республике накоплен богатейший опыт работы с детьми в области геологии и сложились условия для организации единой системы непрерывного геологического образования. Содержание такой системы сводится к следующим положениям:

1. Начальная специальная подготовка учащихся образовательных школ по геологическим дисциплинам.
2. Просветительская работа среди учащихся начальных и средних классов общеобразовательной школы.
3. Подготовка и повышение квалификации руководителей детско-юношеских геологических объединений.
4. Создание школьных геологических музеев и оказание консультаций при их организации.
5. Организация и проведение республиканских геологических олимпиад во время весенних и летних школьных каникул.
6. Научно-методическое обеспечение детско-юношеского геологического движения — издание методических пособий и разработка методических рекомендаций.

В рамках геологического образования планируется издание серии учебно-методических пособий для детей и руководителей кружков юных геологов: «Введение в минералогия», «Петрография для начинающих», «Полевая геология для начинающих». Данное пособие представляет ее первую часть.

Цель настоящего пособия — изложение азов минералогии, которые необходимы в объеме программ геологических объединений и подготовки детей к республиканским и российским геологическим олимпиадам.

Учебно-методическое пособие иллюстрировано цветными рисунками и фотографиями. Используются фотографии Л. Н. Белан, Г. А. Данукаловой, а также из каталога минералов, википедии и некоторых других интернет-ресурсов. В ходе написания пособия учтен опыт многолетней работы авторов с юными геологами и студентами, использованы литературные источники и интернет-ресурсы, приведен список рекомендуемой литературы.

Авторы искренне признательны И. М. Утарбаеву и А. М. Утарбаеву за техническую помощь при оформлении пособия; И. Р. Бергазову (ОАО «Башкиргеология») за участие в обсуждении проекта, заведующему лабораторией института геологии УНЦ РАН к. г.-м. н. В. М. Горожанину за предоставленный материал по «арметовским камням» и консультации, директору геологического музея РБ Т. В. Зориной за разрешение сфотографировать музейные образцы, к. г.-м. н. А. В. Кочергину за прекрасные фотографии охр Туканского месторождения железных руд, научному сотруднику ИГ УНЦ РАН Е. А. Тимофеевой за консультации по максютловскому комплексу и фотографии, научному сотруднику ИГ УНЦ РАН Ф. Ардисламову за предоставление образца гранатов в кварц-эклогитовой породе. Авторы благодарят Т. Т. Сухову — главного методиста детско-юношеского геологического движения Башкортостана и судейскую коллегию ДЮГД Республики Башкортостан за многолетнюю помощь и поддержку.

МИНЕРАЛОГИЯ — НАУКА О МИНЕРАЛАХ

История минералогии прослеживается с древних времен. Еще первобытные люди использовали минералы как орудия производства. Об этом можно судить по интереснейшим находкам из стоянок эпохи неолита (5–7 тыс. лет назад) по берегам озер Башкирского Зауралья. Из кремней, халцедона, сердолика, горного хрусталя изготавливали скребки, ножевидные пластины, наконечники для стрел и копий. Тальк использовали для изготовления керамической посуды. Причем места распространения некоторых минералов и горных пород, из которых сделаны орудия, находятся за несколько десятков километров от стоянок. Например, на стоянке на оз. Карагайлы Учалинского района можно найти много осколков керамики, в которую добавлялся тальк, а ближайшее месторождение талька расположено близ д. Кирябинское, в 25–30 км от стоянки.

Археологические исследования показали, что в палеолите первобытный человек знал около 20 минералов, в неолите их количество увеличилось до 40.



Отщепы в виде ножевидных пластинок, наконечники стрел, фрагменты керамики из глины с толченым тальком. Янгельская мезолитическая технико-микролитическая культура Южного Зауралья.

VII–VI тыс. лет до н. э.

Озеро Карагайлы, Учалинский район Республики Башкортостан.

Геологический музей РБ. Коллекция Л. Н. Белан. Фото Г. А. Данукаловой

Первые сведения о минералах можно найти в древнейшем индийском письменном источнике «Веды», относящемся примерно к XI–X вв. до н. э. Наиболее ранним трактатом о минералогии (около 500 г. до н. э.) считают китайский манускрипт Сан-Хей-Дина «Древние сказания о горах и морях», в котором упомянуты семнадцать минералов. В трудах Аристотеля (384–322 гг. до н. э.) и его ученика Теофраста (ок. 372 — ок. 287 гг. до н. э.) сделано разделение (классификация) минеральных тел на камни и руды и высказано предположение о возникновении руд из паров и дымов, вырвавшихся из недр земных.



Абу-Рейхан Ал-Бируни

<http://nplit.ru/books/item/f00/s00/z0000055/pic/000039.jpg>



Авиценна (Ибн Сина)

<http://ru.wikipedia.org/wiki:Avicenna-miniatur.jpg>



Георг Агрикола

http://ru.wikipedia.org/wiki:Georg_Agricola.jpg

Римский ученый Гай Плиний Секунд (Плиний Старший) (23 г. н. э. — 25 августа 79 г. н. э.) привел интересные сведения обо всех известных к тому времени минералах в книгах 33–37 «Естественной истории». Он описал «камни» и металлы, их использование в искусстве и медицине, указал, где их находят и как обрабатывают.

Среднеазиатский ученый, врач, философ Абу Али Ибн-Сина (Авиценна, 980–1037) создал первую классификацию минеральных тел, общепринятую в Европе до конца XVIII в. Он написал сочинение «Книга исцеления», где изложены основы естествознания. Все минералы Авиценна разделил на четыре группы: камни, горючие тела, соли и металлы.

Ученый из Хорезма Ал-Бируни (973–1048) написал труд под названием «Собрание сводок для познания драгоценностей», где дано описание 36 минералов.

Чешский ученый Георг Бауэр (Агрикола) (1494–1555) обобщил сведения по минералогии, геологии, рудному делу и металлургии в трудах «О природе ископаемых» (1546), «О происхождении минералов» (1546), «О горном деле» (1550).

Крупный ученый эпохи Возрождения Леонардо да Винчи в 1502 г. опубликовал минералогический трактат, в котором описал минералы по твердости, плотности, прозрачности, форме, а также дал советы, как отличить настоящие драгоценные камни от поддельных.

Впервые термин «минералогия» употребил в 1636 г. итальянский ученый Бернард Цезий.

Основателем минералогии в России является М. В. Ломоносов (1711–1765). В трудах «О слоях земных» (1757), «Слово о рождении металлов от трясения земли» (1757), «Первые основания металлургии или рудных тел» (1763) отражены взгляды на геологические процессы, строение кристаллического вещества и происхождение минералов. Он в 1745 г. составил первый русский каталог минералов, собранных в коллекции Академии наук, начало которой заложил Петр I.

Профессор Фрайбергской горной академии А. Г. Вернер (1750–1817) создал новую классификацию минералов, основывающуюся на внешних признаках, и выделил из минералогии геогнозию (геологию), кристаллографию, петрографию и палеонтологию. Его ученик, австрийский минералог Фридрих Моос (1773–1839), составил 10-балльную шкалу твердости минералов.

Русский академик В. М. Севергин (1765–1826) составил минералогическое описание России: «Первые основания минералогии, или Естественной истории ископаемых тел» (2 т., 1798), «Подробный словарь минералогический» (3 т., 1807), «Опыт минералогического землеописания российского государства» (2 т., 1809), «Новая система минералов, основанная на наружных отличительных признаках» (1816).

Южный Урал — край с богатейшими минералогическими традициями. На Урале работали И. И. Лепехин (1771–1772) и П. С. Паллас (1771–1788). Иван Иванович Лепехин составил фундаментальные описания географии, этнографии, фауны, флоры и минеральных богатств нашей страны. Академик Петр Симон Паллас — натуралист и путешественник-энциклопедист, прославивший свое имя крупными вкладами в географию, зоологию, ботанику, палеонтологию, минерологию, геологию, этнографию, историю и языковедение. В обширном труде «Путешествие по разным провинциям Российского государства» (ч. 1–8, 1773–1788) Паллас впервые всесторонне описал огромную страну, почти неизвестную в то время.



Леонардо да Винчи
<http://selffire.com/wp-content/uploads/2008/08/vinci.jpg>



Михаил Васильевич Ломоносов
<http://www.bochkavpechatleniy.com/data/photo/23142/lomonosov1.jpg>



Карл Фридрих Христиан Моос (Мос)
http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/102/friedrich_mohs.jpg



Василий Михайлович Севергин

<http://geo.web.ru/druza/a-Severgin.jpg>



Петр Симон Паллас

<http://www.ikz.ru/siberianway/science/bitmaps/pallas.jpg>



Иван Иванович Лепехин

<http://www.kirsoft.com.ru/da/images/lepehinii.jpg>

Весь научный мир знает Ильменский заповедник, где можно найти почти все известные минералы и где работали крупнейшие естествоиспытатели мира и российские минералоги Н. И. Кокшаров (1818–1892), П. В. Еремеев (1830–1899), В. И. Вернадский (1863–1945), А. Е. Ферсман (1883–1945), А. Н. Заварицкий (1884–1952), А. П. Карпинский (1846/1847–1936). Николаем Ивановичем Кокшаровым изучены и систематизированы минералы уральских месторождений. Он составил описания и измерения кристаллов, главным образом на уральском материале. В его фундаментальном труде «Материалы для минералогии России» (1852–1892) в 11 томах, сведены все фактические данные в этой области. Минералог академик Павел Владимирович Еремеев исследовал многочисленные минералы и минеральные псевдоморфозы. Крупнейший русский естествоиспытатель профессор Московского университета академик Владимир Иванович Вернадский считал, что минералы представляют собой продукты химических реакций, совершающихся в земной коре. Академик Александр Николаевич Заварицкий — геолог, петрограф, специалист по рудным месторождениям и вулканологии. Он изучал месторождения графита на Урале, исследовал платиноносность Тагильского округа, месторождения горы Магнитной, вел геологические съемки на Южном Урале, изучал геологию медных, вольфрамовых и других месторождений на Среднем и Северном Урале. Академик Александр Петрович Карпинский предсказал нахождение нефти на Урале, он работал в области петрографии и стратиграфии, им была составлена геологическая карта Восточного Урала. Н. И. Кокшаров, П. В. Еремеев, А. Н. Заварицкий и А. П. Карпинский — наши земляки, они родились на Урале.

В Ильменских горах известно более 260 видов минералов. В Вишневых и Потанинских горах, расположенных в Челябинской области, обнаружены около 190 видов. Разнообразием отличаются месторождения горы Магнитной, копи Шишимских и Назямских гор, старинные прииски рек Каменки и Санарки. В Ильменских, Потанинских и Вишневых горах открыты пегматитовые



Павел Владимирович Еремеев

<http://geo.web.ru/druza/a-Eremeev.JPG>



Николай Иванович Кокшаров

http://wiki.web.ru/images/thumb/3/34/Koksharov_GeoWik.jpg/200px-Koksharov_GeoWik.jpg



Александр Николаевич Заварицкий

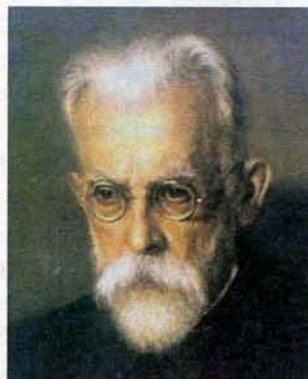
http://www.igem.ru/site/person/zavaritskiy_clip_image001.jpg

жилы с уникальным содержанием корунда, колумбита, монацита, топаза, циркона, солнечного камня, пирохлора, эгирин-авгита, содалита, сфена, ильменита и других минералов (Кушнарев, 2007).

«Минералогический рай» — так назвал академик Александр Евгеньевич Ферсман Ильменские горы. В знаменитом Минералогическом музее Ильменского заповедника можно увидеть почти все минералы. Ехать совсем недалеко — из Уфы на поезде можно добраться всего за одну ночь до станции Миасс, где расположен музей.



Александр Петрович Карпинский
<http://www.ras.ru/FStorage/download.aspx?id=579f3497-e7ee-4b58-bf60-440a2a5804d1>



Владимир Иванович Вернадский
<http://geography.kz/wp-content/uploads/2009/05/vernadskii.jpg>



Александр Евгеньевич Ферсман
<http://wiki.web.ru/wiki/:Fersman.jpg>

Если вы хотите найти свой драгоценный камень, то обязательно побывайте в «Русской Бразилии» — в окрестностях поселка Санарка Челябинской области. В замечательных книгах Сергея Васильевича Колисниченко «Русская Бразилия» (2008), «Удивительные минералы Южного Урала» (2004), «Самоцветы» (2010) подробно описаны минералы, маршруты, история открытия месторождений и увлекательные истории о находках минералов.

Недра Башкирии богаты полезными ископаемыми и разнообразными минералами. Богатая коллекция минералов собрана в Геологическом музее Республики Башкортостан и в Национальном музее РБ в Уфе. В некоторых школах нашей республики созданы геологические музеи, в которых есть коллекции минералов — например, в геологическом объединении Гео-Литос (г. Салават), в башкирском лицее № 12 (г. Учалы), в школе № 40 (г. Уфа) и других. О некоторых минералах Южного Урала мы расскажем в разделе «Классификация минералов».

Итак, что же такое минерал?

Термин «**минерал**» происходит от латинского слова *minerale* и означает природное тело, приблизительно однородное по химическому составу и физическим свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов в земной коре. Наука, изучающая минералы, называется минералогией.

Из всего многообразия минералов в данной книге рассмотрены лишь наиболее важные, слагающие главные полезные ископаемые и горные породы.

Названия минералов даются по характерным физическим свойствам, по химическому составу или по месту, где они были впервые обнаружены. Многие минералы названы в честь ученых, открывших или описавших их.

Практическое значение минералов очень велико. Во всех отраслях народного хозяйства используются различные полезные ископаемые. Огромное значение имеет добыча и переработка руд черных, цветных и редких металлов, а также неметаллических полезных ископаемых, таких как асбест, слюда, графит, соли, фосфориты, различные строительные материалы, флюсы и огнеупоры. Все металлические и неметаллические полезные ископаемые состоят из минералов.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ МИНЕРАЛЫ

Процессы минералообразования могут происходить как в глубинах Земли (эндогенные процессы: греч. endon — *внутри* и genesis — *происхождение*), так и на ее поверхности (экзогенные процессы: греч. exo — *вне, снаружи*).

Чтобы выяснить условия образования минералов, надо знать, какие геологические процессы приводят к образованию горных пород и руд месторождений полезных ископаемых. Эти вопросы детально освещаются в специальных курсах петрографии и учения о месторождениях полезных ископаемых.

К эндогенным процессам относятся магматизм и метаморфизм. Экзогенные процессы приводят в основном к разрушению ранее существовавших горных пород и минералов и образованию новых.

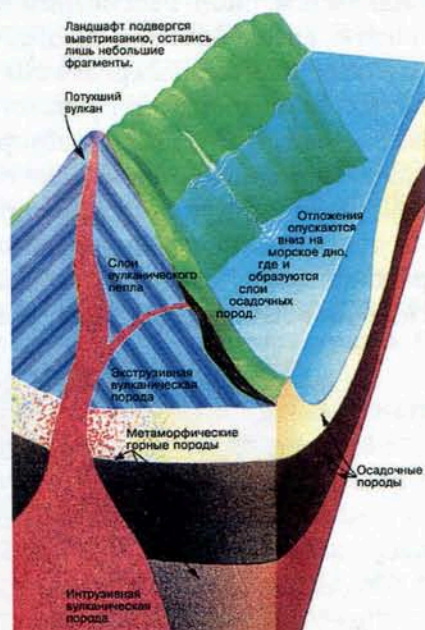
Экзогенные и эндогенные процессы находятся в тесном непрерывном взаимодействии и образуют геологический цикл формирования горных пород, который схематично изображен на рисунках ниже.

В результате магматизма, вулканизма и метаморфизма возникают новые минералы. Экзогенные процессы непрерывно разрушают их, превращая в рыхлые осадки. Этот процесс называется денудацией. Обломки минералов и растворенные в воде соединения переносятся реками в моря и океаны, где они накапливаются. Этот процесс называется аккумуляцией.

На дне бассейнов происходят процессы преобразования осадка: он уплотняется, уменьшается его влажность, разлагаются одни минералы и образуются другие, перераспределяется вещество осадка (диагенез). В результате образуются осадочные горные породы. Минеральный состав таких пород имеет свои особенности, например, только в осадочных породах встречаются такие минералы, как галит, гипс, глауконит, глинистые минералы. На глубине, где давление и температура повышаются, начинается перекристаллизация и образование новых минералов (метаморфизм). Если давление и температура продолжают повышаться, эти минералы снова расплавятся и превратятся в раскаленную магму (магматизм).



Геологический цикл формирования горных пород
Шуман, 1986; <http://forexaw.com/>



Магматические и метаморфические минералы, выйдя на поверхность, под влиянием новых условий подвергаются физическим, химическим и биохимическим изменениям — выветриваются.

Минералы, входящие в качестве постоянных существенных компонентов в состав горных пород называются породообразующими. Для каждой группы горных пород — магматических, метаморфических и осадочных — характерны свои ассоциации породообразующих минералов.

Минералы, входящие в состав горных пород в очень малых количествах, называют акцессорными (позднелат. accessorius — *добавочный*).

Выделяют также элементы-примеси, которые присутствуют в минералах в очень малых количествах (сотые доли процента): литий, бериллий, бор, олово, медь, хром, никель, хлор, фтор и др.

Рассмотрим более детально условия образования минералов.

Эндогенные процессы

Эндогенные (изнутри рожденные) процессы протекают за счет внутренней тепловой энергии Земли. Минералы, возникающие в результате этих процессов, являются продуктами магматической деятельности (магма др.-греч. *μάγμα* — *густая мазь*) и образуются в результате кристаллизации самой магмы, или из жидких растворов, или газов.

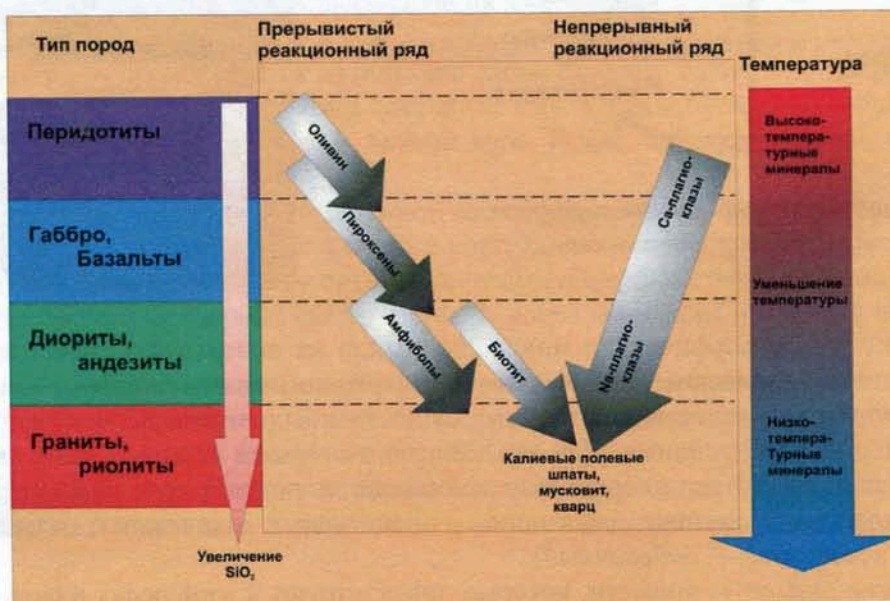
Минералы, образованные эндогенным путем, могут иметь разнообразный генезис (происхождение).

Магматические процессы минералообразования — процессы, при которых минералы образуются непосредственно при кристаллизации магмы. Именно так возникли все минералы, слагающие магматические горные породы. Магматические горные породы делятся на две большие группы: интрузивные, образованные на глубине, и эффузивные, образованные вблизи или на поверхности земли.

Магма на глубине нескольких десятков километров от поверхности Земли находится под очень большим давлением и обладает высокой температурой.

При медленном остывании магмы происходит постепенная и последовательная раздельная кристаллизация входящих в ее состав химических соединений, каждое из которых превращается в кристалл минерала. Образующиеся в ходе кристаллизации минералы выпадают из расплава в определенной последовательности — одни раньше, другие позже. Эта последовательность определяется в основном степенью тугоплавкости минералов, а также химическим составом магмы и описывается реакционными рядами Н. Боуэна.

Если внимательно рассмотреть магматическую горную породу гранит, то можно увидеть даже невооруженным глазом, что сероватые полупрозрачные зерна кварца в ней не имеют определенной формы, а как бы заполняют оставшееся от других кристаллов пространство, т. к. он кристаллизуется последним (см. рис.). Рассмотрим процесс кристаллизации гранита. В состав гранита входят полевые шпаты, кварц, биотит и роговая обманка. Температура плавления биотита и роговой обманки очень высокая, поэтому их кристаллы образуются еще в жидкой магме, когда росту и образованию правильных форм ничто не препятствует. В следующей фазе формируются кристаллы полевых шпатов, температура плавления которых ниже, чем у темных силикатов. При кристаллизации полевых шпатов в жидкой магме уже существуют сформировавшиеся твердые кристаллы биотита и роговой обманки. Кремнезем, который содержится в избытке в гранитной магме, начнет затвердевать в последнюю очередь, превращаясь в кварц. Кристаллы кварца будут занимать свободное пространство между ранее образовавшимися кристаллами биотита, роговой обманки и полевого шпата и приобретать вид зерен неправильной формы.



Реакционные ряды Н. Боуэна

www.ksu.ru/f3/bin_files/12__1166.pdf

Разновидностью магматического генезиса является **пегматитовое минералообразование**. При кристаллизации гранитной магмы образуется остаточный силикатный расплав, богатый соединениями редких и редкоземельных элементов и летучими веществами. Этот силикатный расплав внедряется во вмещающие породы, заполняет в них трещины и полости и, кристаллизуясь, образует жильные крупнокристаллические тела — пегматиты. Пегматиты богаты различными минералами. Кроме главных породообразующих минералов — микроклина, плагиоклазов и биотита — часто встречаются турмалины, для некоторых пегматитов характерны берилл, сподумен и др.

Пегматитовые жилы могут достигать нескольких километров в длину и нескольких десятков метров мощности. Минералы пегматитов также достигают больших размеров. Пегматиты часто имеют зональное строение, причем разные минералы приурочены к разным зонам.

Главными минералами гранитных пегматитов являются полевые шпаты, слагающие от 50 до 70 % объема пегматитовых жил, нефелин и кварц, на долю которого приходится от 20 до 40 % объема жил. Обычными второстепенными минералами являются слюды (мусковит и биотит). Для промышленных целей важно, что в пегматитах встречаются минералы-концентраторы бора, фосфора, урана, редких земель, тория, лития, бериллия, цезия, тантала и других редких химических элементов.

Пневматолитовое минералообразование (греч. *pneumatōs* — *дуновение, воздух* и *lithos* — *камень*). Пневматолитиз — процесс образования минералов из газовой фазы. На некоторых этапах кристаллизации магмы возможно отделение газов. По мере движения вверх по трещинам эти газы охлаждаются, реагируют друг с другом и с вмещающими породами, в результате образуются минералы. Пневматолиты делятся на вулканические и глубинные.

Вулканические пневматолиты образуются в вулканических областях за счёт газов, отделяющихся от магмы вблизи или на поверхности земли (экзгаляционные месторождения). Вулканические газы в огромных количествах уходят в атмосферу через жерла вулканов, фумаролы и трещины.

В процессе возгона газа в трещинах лавовых покровов и кратерах вулканов происходит образование минералов. Преимущественно это хлориды и сульфаты — минералы, легко растворимые и поэтому не наблюдаемые в больших количествах. Обычно все минералы, образующиеся при вулканической деятельности, имеют вид налетов, мелкокристаллических корочек или землистых агрегатов.

Глубинные пневматолиты образуются в том случае, когда газы отделяются от магматического очага в недрах земной коры. Они просачиваются сквозь горные породы, реагируют с ними, преобразуя их химический и минеральный состав. Степень химических преобразований пород под действием газов зависит от их химической активности, состава пород, тектонического строения и длительности процесса.

При **гидротермальном минералообразовании** (греч. *hydro* — *вода* и *therme* — *тепло*) минералы выделяются из остывающих гидротермальных растворов. По температуре растворов процесс гидротермального минералообразования подразделяется на высокотемпературный (более 400–300 °С), среднетемпературный (300–150 °С) и низкотемпературный (150–50 °С).

Гидротермальные растворы выносят из магматического очага целый ряд соединений металлов. Кроме того, гидротермы могут заимствовать различные вещества из боковых пород, по которым они движутся. Поскольку гидротермы обычно движутся по трещинам, форма большинства гидротермальных минеральных тел жильная. Главнейшим жильным минералом является кварц.

В гидротермальных месторождениях распространены минералы таких важнейших для промышленности элементов, как цветные металлы — Cu, Pb, Zn; редкие металлы — W, Sn, Mo, Ni, Co, Bi, As, Sb, Hg, Te; благородные металлы — Au и Ag; радиоактивные металлы — U; отчасти редкие земли и иногда черные металлы — Fe и Mn. С некоторыми гидротермальными месторождениями связаны нерудные полезные ископаемые — тальк, асбест, флюорит, барит, магнезит, исландский шпат (кальцит), алунит и др.

Главная масса элементов концентрируется в виде сульфидов, арсенидов, в меньшей степени в виде самородных металлов (Ag, Au, Bi, Cu, As, Sb, Te), отчасти в виде кислородных соединений (Sn, W, Fe, Mn и др.).

Метаморфическое минералообразование (греч. *metamorphosis* — *превращение*) происходит под воздействием высоких температур, давления и при участии гидротермальных растворов.

При метаморфизме происходит частичная или полная перекристаллизация горных пород с образованием новых минералов. В отличие от магматизма перекристаллизация идет всегда в твердом состоянии.

В метаморфизме выделяют следующие виды: динамометаморфизм, региональный и контактовый метаморфизм.

В результате *динамометаморфизма* образуются милониты и различные сланцы.

При *региональном метаморфизме* образуются слюды, гранат, дистен, андалузит и др.

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте внедряющейся магмы с вмещающими породами. Разновидностью контактового метаморфизма является *метасоматоз* (греч. meta — *после, через* и soma — *тепло*) — процесс, при котором состав породы изменяется с привнесением или выносом химических компонентов в результате взаимодействия породы с водными флюидами (растворами). При метасоматозе порода остается в твердом состоянии и не изменяет своего первоначального объема. С метасоматозом связаны многие крупнейшие месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых. К ним относятся скарновые месторождения железа, меди, золота, серебра, вольфрама, молибдена; грейзеновые месторождения олова, вольфрама, молибдена, бериллия, флюорита, слюды; месторождения тантала, ниобия, тория, урана, редких земель, циркония, золота и сурьмы.

Скарн (швед. skarn — *грязь, отбросы*) — контактово-метасоматическая порода, возникающая на границе интрузии и вмещающей породы. В результате контакта магматических расплавов и карбонатных пород образуются характерные минералы: пироксены (диопсид, роговая обманка), гранаты (гроссуляр, андрадит); из рудных минералов — шеелит, молибденит, магнетит, халькопирит, галенит и сфалерит.

Грейзен (нем. Greisen) — горная порода, образовавшаяся в результате процесса внедрения магмы в породы, богатые кремнеземом и глиноземом (пески, глины) с участием летучих компонентов (F, H₂O, Cl и др.). Главные минералы грейзенов: кварц и слюда (мусковит, биотит, литиевые слюды), топаз, флюорит, турмалин, берилл, рутил. Рудные минералы грейзенов (вольфрамит, молибденит, висмутин, пирит и др.) нередко содержатся в промышленных количествах. В таких случаях грейзены рассматриваются как руды. В грейзенах могут встречаться также микроклин, альбит, андалузит, гранаты, гематит, апатит, графит и др. Среди грейзенов известны месторождения руд вольфрама, олова, бериллия, молибдена, мышьяка.

Как разновидность метаморфического генезиса можно рассматривать также импактное происхождение (англ. impact — *удар*) — возникновение и преобразование минералов (тектиты, стекла) в результате бомбардировки метеоритами пород поверхности Земли и планет земной группы.

Экзогенные процессы

Экзогенные процессы происходят на поверхности Земли при участии лучистой энергии Солнца при взаимодействии атмосферы, гидросферы, биосферы с литосферой.

В результате действия экзогенных процессов образуются осадочные горные породы и соответствующие минералы. Наиболее важным экзогенным процессом является выветривание. **Выветривание** — это процесс механического разрушения и химического преобразования горных пород под влиянием агентов выветривания. Агентами выветривания являются солнечная инсоляция, составные части атмосферы (газы), вода, кислоты, растительные и животные организмы.

Различают три вида выветривания: физическое, химическое и органическое (биохимическое).

При **физическом выветривании** происходит растрескивание и дробление горной породы на обломки различного размера под влиянием физико-механических воздействий. Выделяют разновидности физического выветривания: температурное, морозное и солевое.

Температурное выветривание происходит вследствие резкого суточного колебания температур, когда породы нагреваются и минералы расширяются. При охлаждении происходит их сжатие. В результате порода растрескивается и шелушится. Активно этот процесс протекает в приповерхностном слое, в который проникают суточные колебания температуры. Наиболее интенсивно разрушаются темноокрашенные породы, т. к. они сильнее нагреваются, а также породы, состоящие из нескольких минералов (полиминеральные), т. к. они по-разному расширяются. Температурное выветривание протекает наиболее активно в условиях резко континентального климата в пустынях, в горах.



Каменная пустыня (хаммада) с останком — результат температурного выветривания Марокко. Фото Г. А. Данукаловой



Развалы глыб кварцитов на вершине г. Ирмель, образовавшиеся при температурном выветривании Южный Урал. Фото Г. А. Данукаловой

Морозное выветривание протекает в условиях полярного климата. Раздробление горных пород происходит за счет замерзания и расширения воды в трещинах и порах горных пород.

В результате физического выветривания верхний слой горных пород разрушается; обломки, оставшиеся на месте своего образования, называются элювием.



Формы рельефа в зоне распространения полигонально-жильных льдов Остров Котельный, Новосибирские острова. Фото А. Б. Кузьмичева



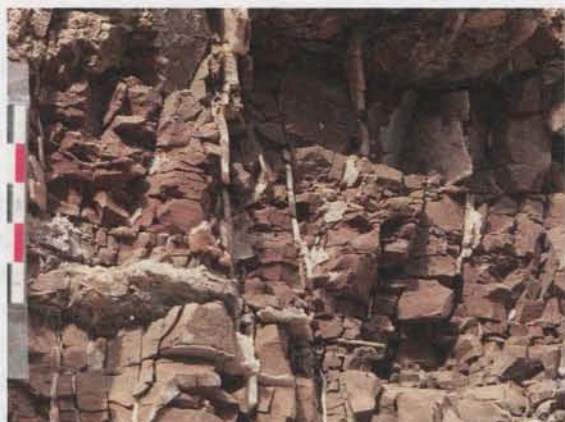
Керн мерзлого грунта Анадырь, Чукотка. Фото П. Мазаева



Криогенный (морозный) элювий в пятнах-медальонах на вершине г. Ирмель Южный Урал. Фото Л. Н. Белан



Солевое выветривание происходит в жарком сухом климате пустынь. Раздробление возникает под действием кристаллов солей, растущих в трещинах и порах горных пород. Соль содержится в воде, поднимающейся из более глубоких горизонтов и испаряющейся днем.



Солевое выветривание в породах уфимского яруса
Город Уфа. Фото Г. А. Данукаловой

В результате действия различных геологических процессов образуются характерные денудационные и аккумулятивные формы рельефа и отложения.

Например, в результате действия эоловых процессов (ветер) образуются денудационные формы рельефа — это останцы в виде каменных грибов, столбов, ниши выдувания и пр., аккумулятивные — это барханы, дюны, пески.



Бархан в песчаной пустыне
Марокко. Фото Г. А. Данукаловой



Ниши выдувания
Марокко. Фото Г. А. Данукаловой

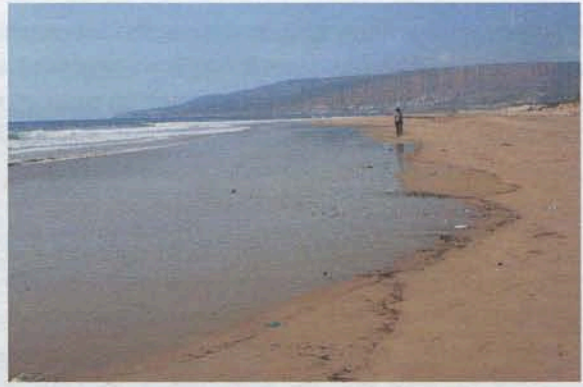


Каменные «грибы», образовавшиеся
в процессе выветривания
Алтай. Фото Л. Н. Белан



Эоловые останцы в окрестностях
с. Кирябинское.
Южный Урал. Фото Л. Н. Белан

При абразионных процессах (действие волноприбоя) образуются денудационные формы рельефа — клифы (береговые обрывы) и аккумулятивные — в виде пляжей, кос, баров и пр.



Клиф и пляж на берегу Атлантического океана
Марокко. Фото Ж. П. Лефора

Формы рельефа (трещины, полости, останцы, гнезда и пр.) и климат имеют большое значение при процессах химического выветривания.

Одновременно с физическим выветриванием во влажном (гумидном) климате происходят процессы химического изменения с образованием новых минералов. **Химическое выветривание** — разрушение горных пород и минералов под влиянием воздуха, воды и организмов. В результате образуются коллоидные продукты, в т. ч. глинистые материалы, простые соли, (например, кальцит, гипс).

Более интенсивное разложение пород происходит в теплых и очень влажных областях (тропиках), где активно идут химические и биохимические реакции. Во время дождя капли воды, проходя через атмосферу, поглощают из нее некоторые газы (кислород, углекислый газ) захватывают рассеянные в атмосфере частички различных солей. Попадая на землю, атмосферные воды растворяют находящиеся в почве органические кислоты и вступают в органические реакции с минералами. Под действием химически активных вод минералы постепенно разлагаются или растворяются.

К процессам химического выветривания относятся окисление, гидратация, растворение и гидролиз.

Окисление сопровождается изменением синеватой и зеленоватой окраски минералов и пород на красную и желтую: образуются оксиды и гидроксиды железа, алюминия, марганца и др. Примером может служить окисление магнетита и переход его в гематит в условиях жаркого климата. Окисление сопровождается разрушением кристаллической решетки магнетита и превращением его в аморфную массу, из которой образуется гематит. На некоторых месторождениях сульфидных и железных руд наблюдаются «железные шляпы», состоящие из желтых охр.



Желтые охры и турьитовые (карандашковые) руды, вскрытые на Туканском месторождении железных руд
Белорецкий район РБ. Фото А. В. Кочергина

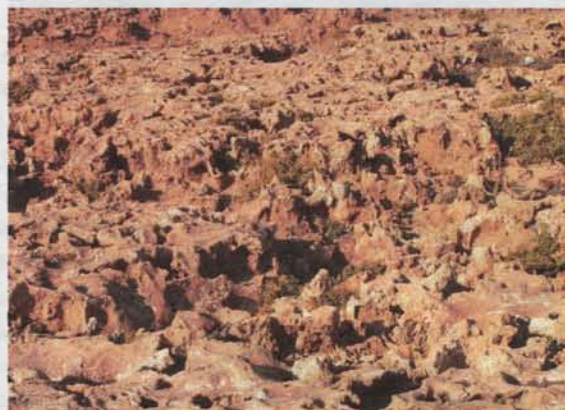
Гидратация широко распространена в природе и выражается в образовании новых водных соединений. В процессе гидратации происходит закрепление молекул воды на поверхности отдельных участков кристаллических структур минералов.

Примером гидратации является переход ангидрита в гипс. Гидратированной разновидностью является также гидрогётит. Процесс гидратации наблюдается и в силикатах.

Растворение. Под действием воды, стекающей по поверхности горных пород и проникающей через поры и трещины, происходит растворение некоторых минералов. Присутствие в воде водорода, кислорода и уголекислоты придает ей окислительные свойства, а также усиливает ее окисляющее действие на горные породы и минералы. Наилучшей растворимостью обладают хлориды — галит (поваренная соль), сильвин и др. На втором месте — сульфаты — ангидрит и гипс. На третьем месте карбонаты — известняки и доломиты. На фото можно наблюдать процесс растворения известняка, который привел к образованию на его поверхности пустот — пор и каверн (карры). Впоследствии стенки этих пустот могут покрываться коллоидальными натечными образованиями или щетками кристаллов каких-либо экзогенных минералов.



Выщелачивание известняка морской водой
Индия. Фото Л. Н. Белан



Карры на берегу Атлантического океана
Марокко. Фото Г. А. Данукаловой

Гидролиз — это процесс разрушения кристаллической структуры под действием воды и растворенных в ней ионов. В результате образуется новая структура, существенно отличающаяся от первоначальной. Гидролизу широко подвергаются силикаты и алюмосиликаты.

Процесс гидролиза протекает в несколько стадий с последовательным образованием минералов. Так, при гипергенном преобразовании полевых шпатов возникают гидрослюды, которые затем превращаются в минералы группы каолинита или галуазита. В умеренных климатических зонах каолинит достаточно устойчив и в результате накопления его в процессах выветривания образуются месторождения каолина. Но в условиях влажного тропического климата может происходить дальнейшее разложение каолинита до свободных окислов и гидроокислов. Таким образом, формируются окислы и гидроокислы алюминия, являющиеся составной частью алюминиевой руды — бокситов.

Наиболее интенсивные процессы химического разложения минералов наблюдаются в зоне выветривания сульфидных руд.

В медно-сульфидных месторождениях, богатых пиритом, халькопиритом и другими сульфидами меди, в зоне окисления образуются нерастворимые гидроксиды железа — лимонит, гётит (железная шляпа).

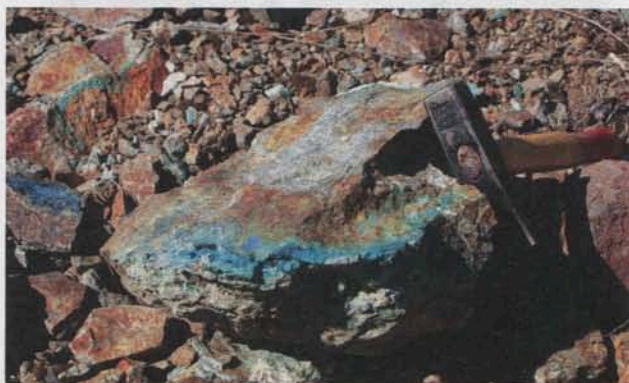


Окисленный рудный отвал на медноколчеданном месторождении им. XIX партсъезда
Челябинская область. Фото Г. А. Данукаловой

В зоне вторичного сульфидного обогащения происходит образование богатых медью минералов — ковеллина, халькозина, иногда борнита, малахита, азурита, хризоколлы.



Вторичные минералы в зоне окисления медноколчеданного месторождения им. XIX партсъезда Челябинская область. Фото Г. А. Данукаловой



Вторичные минералы в зоне окисления медно-порфирового Воскресенского месторождения Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан

Легко разрушаются карбонаты железа и марганца, образуя гидроксиды. Также легко разрушаются и силикаты марганца (родонит, манганит, браунит и др.), они переходят в пиролюзит и псиломелан, образуя марганцевые шляпы.



Окисленные марганцевые руды Кажеевское месторождение, Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой



Кусимовское месторождение марганцевых руд. Абзелиловский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой

В условиях интенсивного выветривания основных и ультраосновных пород (серпентины, хлориты, гранаты, пироксены, амфиболы и др.) образуются новые никелесодержащие минералы (нон-тронит, галлуазита).



Кора выветривания по серпентинитам Окрестности д. Рысаево, Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой

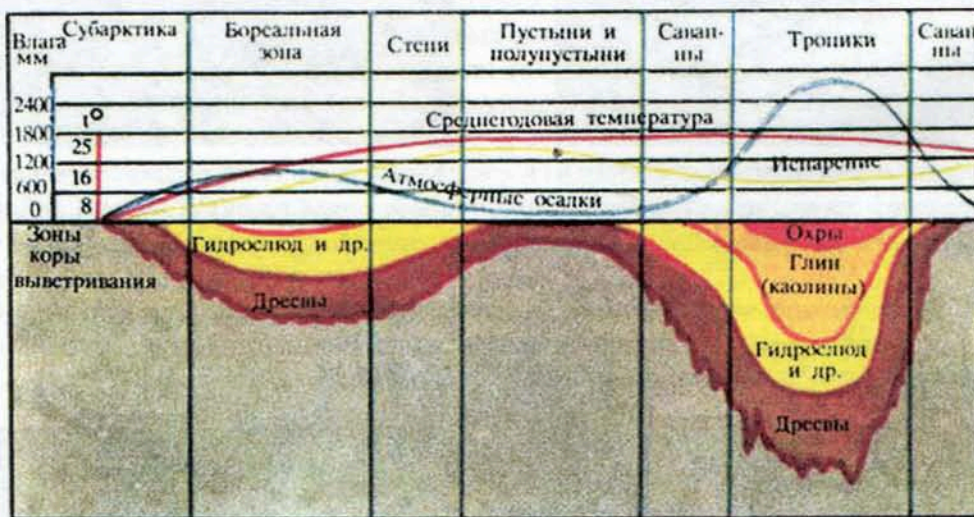


Выветрелые базальты. Сохранилась подушечная отдельность
Гора Илекты, Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой

При выветривании основных пород, и особенно вулканических туфов, образуются глинистые минералы и гидрослюды.

В результате разрушения горных пород в процессе выветривания образуется рыхлый поверхностный слой, так называемая **кора выветривания**. В состав коры выветривания входят также находящиеся в этом слое вода, воздух и живые организмы. Обычно кора выветривания имеет глинистый состав. Мощность коры выветривания зависит от климатических условий и от длительности процесса выветривания и может достигать 100 м.

Коры выветривания особенно хорошо выражены в тропических областях, где почти везде присутствует мощный, до нескольких десятков метров толщиной, слой переработанных горных пород обычно красного цвета. Он представляет собой сложное сочетание разнообразных, в основном глинистых, минералов, содержащих оксиды и гидроксиды алюминия и железа. Такая кора выветривания получила название латеритной (лат. later — *кирпич*); своим красным цветом она напоминает раздробленные кирпичи. Латеритная кора выветривания образовывалась на Урале в мезозое.



Кора выветривания в разных географических поясах
<http://www.ecosystema.ru/07referats/slovgeo/img/365.jpg>

Кроме современных кор выветривания выделяются и древние, образованные в условиях выровненного рельефа (иначе кора была бы размыта) при жарком и влажном климате.

В коре выветривания могут образовываться: гипс, арагонит, кальцит, ярозит, самородная сера, различные фосфаты, а в сухих районах — селитра, квасцы и другие легкорастворимые сульфаты, карбонаты и галоидные соединения различных элементов. С ними связаны также крупные месторождения бокситов, из которых получают алюминий. Встречаются также скопления руд кобальта, никеля, марганца, железа и других ценных полезных ископаемых.



Латеритная кора выветривания
Индия. Фото Л. Н. Белан



Латеритная кора выветривания
Марокко. Фото Г. А. Данукаловой

Органическое выветривание — это процесс механического разрушения и химического изменения горных пород и минералов под действием растительных и животных организмов и продуктов их жизнедеятельности. Микроорганизмы и корни растений выделяют во внешнюю среду углекислый газ и различные кислоты, которые оказывают разрушающее действие на минералы и горные породы. Так, силикатные бактерии, выделяющие CO_2 и органические кислоты, разрушают полевые шпаты, некоторые железобактерии окисляют и разрушают соединения железа. Органическое выветривание имеет существенное значение при образовании почв.



Мхи на горных породах в районе с. Кирябинское
Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой



Лишайники на серпентинитах
Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан

Мхи и лишайники разрушают породы как механически (с помощью гиф), так и химически (выделяя CO_2 и специфические кислоты). Гифа (др.-греч. ὑφή — паутина) — нитевидное образование у грибов, состоящее из многих клеток или содержащее множество ядер. Плотные сплетения гиф формируют склероции, из которых могут образовываться органы плодоношения. Основная функция гиф — поглощение воды и питательных веществ. Совокупность гиф гриба составляет мицелий (<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D1%84%D0%B0>). Особое значение в биологическом выветривании принадлежит высшим растениям, особенно древесным, корни которых, проникая по трещинам, увеличивают их и способствуют механическому разрушению горных пород. Кроме того, корни растений выделяют органические кислоты, способствующие выветриванию горных пород. Кислые корневые выделения растений, растворяя горные породы и минералы, способствуют усвоению растениями элементов минерального питания.

Значительную роль в органическом выветривании играют земляные черви, муравьи и термиты. Они проделывают подземные ходы, способствуя проникновению вглубь почвы атмосферного воздуха, содержащего влагу и углекислый газ. Нарушают верхние слои коры выветривания также кроты, суслики и другие животные-землерои.



Лиственница на горных породах
в районе с. Кирыбинское
Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой



Суслик
Окрестности с. Учалы.
Фото Л. Н. Белан

ПАРАГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ, ИЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛА ПО ЕГО ОКРУЖЕНИЮ

Мы рассмотрели условия образования месторождений минералов различного генезиса. Формирование любого месторождения является весьма длительным процессом (несколько миллионов лет). Некоторые минералы формируются с самого начала формирования месторождения, а некоторые возникают в более позднюю стадию. Совокупность минералов, образовавшихся в одну и ту же стадию, называется парагенезисом.

Парагенезис минералов (греч. *para* — *возле, рядом* и *genesis* — *рождение, происхождение*) — закономерное совместное нахождение в земной коре минералов, связанных общими условиями образования. Термин предложен в 1849 г. И. Брейтгауптом, хотя еще в 1798 г. понятие о парагенезисе минералов под названием «смежности» минералов было введено В. М. Севергиным. Знание парагенезисов помогает геологам при поисках полезных ископаемых.

Например, в известных на восточном склоне Южного Урала колчеданных месторождениях меди можно выделить несколько групп минералов, различных по времени образования:

1. Химические элементы, вымываемые из пиритовой руды, проникают в нижележащие слои породы и вступают в реакцию с растворами и расположенными там минералами. Возникают новые минералы меди, цинка, свинца (*малахит, азурит, смитсонит* и др).

2. В еще более глубоких слоях — ниже зеркала грунтовых вод (уровня, до которого порода пропитывается водой) — при реакциях находящихся там минералов с водными растворами может возникнуть слой таких минералов меди, как *халькозин, ковеллин, борнит и халькопирит*. Поскольку эти минералы очень богаты медью, они являются важными полезными ископаемыми.

Следовательно, по условиям образования мы имеем два парагенезиса минералов.

Все множество минералов, образующихся в месторождении, называется **минеральной ассоциацией**. Главным фактором при формировании минеральных ассоциаций являются условия образования минералов.

Еще древним рудокопам были известны характерные ассоциации одних и тех же минералов, встречающихся в разных месторождениях, например, галенит и сфалерит встречаются совместно среди сульфидных руд. Точно так же широко распространены тесные ассоциации таких минералов, как золото и кварц, киноварь и антимонит.

Таким образом, минеральные ассоциации — это все множество минералов, образующихся в месторождении, а парагенезис — определенный набор минералов, формирующийся в одну и ту же стадию минералобразования.

Итак, парагенезис минералов — это очень важное свойство, которое может помочь определить минерал в образце, если его диагностика вызывает затруднения. Например, медно-красный минерал с характерной побежалостью, обнаруженный в гидротермальной жиле совместно с халькопиритом, марказитом, пиритом и кварцем, вероятнее всего, окажется борнитом. Минеральные ассоциации могут указывать на присутствие определенных минералов, например руд. Свинцовые и цинковые руды (галенит и сфалерит) часто встречаются в ассоциации с кальцитом и баритом. Таким образом, обнаружение жилы кальцита и барита часто может привести к открытию залежей галенита или сфалерита.

Изучение парагенезиса минералов является одной из наиболее трудных и важных проблем минералогии. Часто невозможно провести четкую грань между понятиями «парагенезис» и «минеральная ассоциация».

В наш определитель мы включили столбец «Генезис, месторождение, парагенетические ассоциации». Сначала в нем указано происхождение минерала, затем название месторождения и типичный для него набор одновременно образованных и сосуществующих минералов.

Кроме парагенетических различают запрещенные ассоциации элементов (отрицательный парагенезис), т. е. ассоциации, невозможные в данной системе. Примером отрицательного парагенезиса служат Ni и Ba в минералах, Cr и U в рудах, Cu и Mn в осадочных формациях. Запрещенный парагенезис минералов — понятие, указывающее на невозможность одновременного образования и сосуществования минералов, например кварца и нефелина.

Иногда проще пользоваться понятием минералов-спутников.

При наличии в горной породе группы легко наблюдаемых минералов, характерных для данной ассоциации, можно предположить наличие других минералов-спутников, ценных для промышленного использования. Например, если в породе встречается пироп (минерал группы гранатов), можно предполагать наличие в ней алмазов, т. к. в кимберлитовых трубках совместно с пиропом кристаллизуется алмаз. Именно по находкам пироба в Якутии были открыты месторождения алмазов.

Ниже приводятся примеры парагенетических ассоциаций минералов по классам.

Минералы	Парагенетические ассоциации	Происхождение	Месторождение
<i>Сульфиды и их аналоги</i>			
Арсенопирит	Золото, касситерит, скородит галенит	Гидротермальное	Кочкарское, Урал
Халькозин	Борнит, кальцит, халькопирит, ковеллин, галенит, кварц, сфалерит	Гидротермальное	Джезказган, Казахстан
Халькопирит	Пирротин, кварц, кальцит, пирит, сфалерит, галенит	Колчеданное	Учалинское, Южный Урал
Борнит	Халькозин, куприт, малахит	Экзогенное	Зоны вторичного сульфидного обогащения медных месторождений
Марказит	Минералы свинца и цинка, кальцит	Гидротермальное	Блявинское, Южный Урал
Пентландит	Халькопирит, пирротин	Магматическое	Норильское, Красноярский край; Седбери, Канада
Пирротин	Халькопирит, пирит, кварц, магнетит	Контактово- метасоматическое	Дальнее, Приморье
Реальгар	Аурипигмент, другие мышьяковые минералы	Гидротермальное	Лухумское, Грузия
Реальгар	Аурипигмент, другие мышьяковые минералы	Гидротермальное	Лухумское, Грузия
Теннантит	Галенит, халькопирит, кварц	Гидротермальное	Березовское, Урал
<i>Карбонаты</i>			
Доломит	Руды свинца, цинка, меди	Гидротермальное	Ховуаксы, Тува
Смитсонит	Галенит, сфалерит, пирит	Экзогенное	Дальнегорское, Приморье
Магнезит	Тальк, доломит, кальцит	Метасоматическое	Саткинское, Южный Урал
Родохрозит	Пирит, сфалерит, кварц, барит	Гидротермальное	Джида, Бурятия
<i>Силикаты</i>			
Оливин	Хромит, пироксены	Магматическое	Дуниты и перидотиты Урала
Лепидолит	Турмалин, мусковит, кварц, топаз, берилл	Пневматолитовое	Пегматиты и грейзены Тянь-Шаня, Забайкалья
Нефелин	Авгит, эгирин, амфиболы, апатит	Магматическое	Хибины, Кольский полуостров.
Лазурит	Кальцит, диопсид, флогопит	Контактово- метасоматическое	Малобыстринское, Прибайкалье
Кианит	Гранат, турмалин, силлиманит, полевые шпаты, слюды	Пегматитовое	Пегматиты Юго-Восточной Сибири, Карелии, США
Тальк	Змеевик, тремолит, оливин	Метасоматическое	Шабровское, Средний Урал
Турмалин	Берилл, циркон, кварц, полевой шпат	Пегматитовое	Шайтанка, Мурзинка, Средний Урал
Везувиан	Гранат гроссуляр, волластонит, диопсид, кальцит	Контактово- метасоматическое	Южный Урал, Якутия
Циркон	Полевые шпаты, биотит, нефелин	Пегматитовое	Ильменские горы, Южный Урал
<i>Галоиды</i>			
Галит	Ангидрит, гипс, сильвин	Осадочное	Баскунчак, Прикаспий

Минералы	Парагенетические ассоциации	Происхождение	Месторождение
<i>Оксиды и гидроксиды</i>			
Касситерит	Вольфрамит, кварц, топаз, халькопирит, молибденит, турмалин	Пегматитовое	Завитинское, Забайкалье
Куприт	Самородная медь, малахит, азурит, халькозин, оксиды железа	Экзогенное	Гумешевское, Урал
Диаспор	Корунд, магнетит, шпинель, боксит, доломит	Метаморфическое	Акташ, Казахстан
Гетит	Лимонит, магнетит, пирит, сидерит	Экзогенное	Бакальское, Урал
<i>Сульфаты и родственные формы</i>			
Ангидрит	Доломит, гипс, галит, сильвин, кальцит	Осадочное	Поволжье, Приуралье
Барит	Галенит, сфалерит, флюорит, кальцит	Гидротермальное	Хайдаркан, Узбекистан
Целестин	Доломит, ангидрит, гипс	Осадочное	Бристоль, Великобритания
Шеелит	Вольфрамит, кварц, флюорит	Гидротермальное	Богуды, Казахстан, Ледвилл, США

ФОРМА НАХОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ

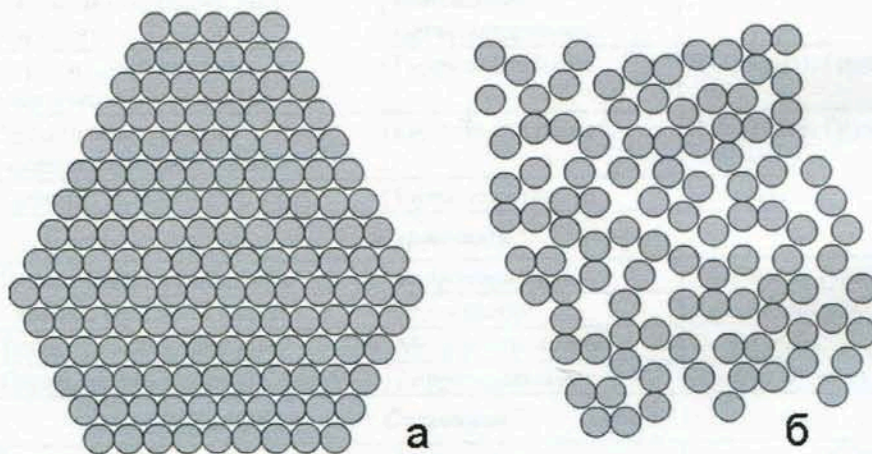
Процессы минералообразования обуславливают возникновение разнообразных форм нахождения минералов и их агрегатов в природе.

подавляющее большинство минералов представляют собой кристаллические образования, и лишь незначительная их часть встречается в аморфном состоянии. Изучением кристаллов занимается наука кристаллография, поэтому для описания и определения кристалла необходимо знать ее основы. При написании данного раздела использована информация из работ Г. М. Кушнарева (2007), В. П. Бондарева (2002), «Практическое руководство...» (2007) и интернет-ресурсов (<http://wiki.web.ru/wiki/>; <http://www.4geolog.ru/minera/77-gabitus-kristallov.html>; <http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index2.php>; <http://www.geolref.ru/page-77.html>; http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/5770/КРИСТАЛЛЫ; <http://iznedr.ru/books/item/f00/s00/z0000018/st003.shtml>; <http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph6/theory.html>).

Основы кристаллографии

Одной из главных особенностей кристаллического вещества, в отличие от аморфного, является его способность самоограняться. В таком случае в природе возникает кристалл. **Кристаллы** — твердые тела, имеющие естественную форму правильных многогранников. Правильная форма кристаллов определяется упорядоченным расположением частиц, из которых они состоят: атомов, молекул, ионов.

Аморфные вещества сложены микроскопическими шариками — полимерными глобулами размерами от 0,01 до 1 микрона. У них нет правильного расположения частиц. К таким аморфным минералам относят опал, сложенный глобулами кремнезема.



Расположение молекул в а) кристаллических б) аморфных телах

<http://twi.mpei.ru/ochkov/TM/lection1.htm>



Кристаллы пирита

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/1/1d/200710280054z!Pyrite-cubes.jpg>

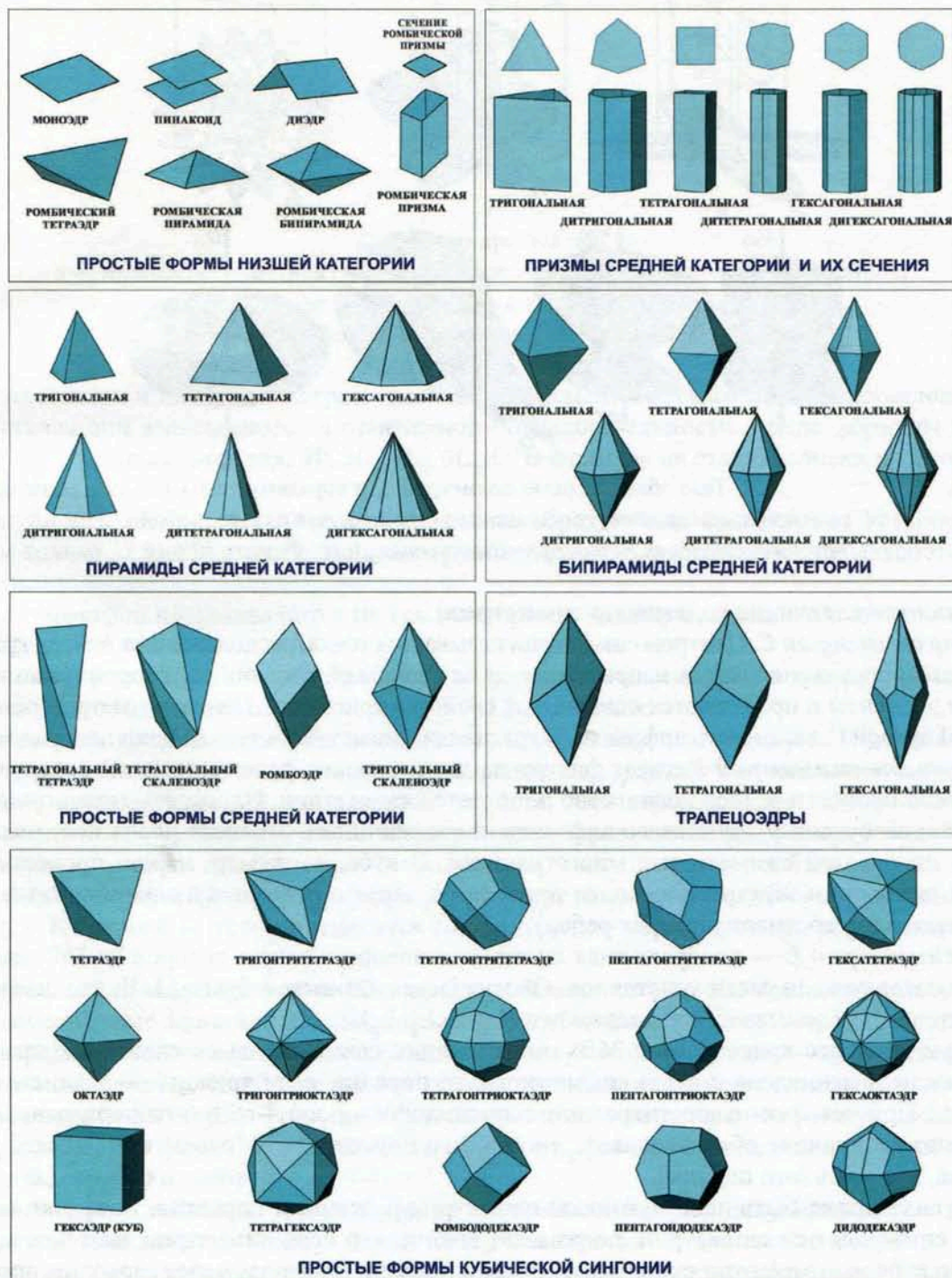


Аморфный минерал опал

Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой

В кристаллографии используется много слов, имеющих греческие корни. Поэтому для изучения азов кристаллографии важно знать, что означают эти термины: *моно* (одно, единственный), *ди* (дву-, дважды), *три* (три, трех, трижды), *тетра* (четыре, четырех), *пента* (пять, пяти), *гекса* (шесть, шести), *окта* (восемь, восьми), *дека* (десять, десяти), *додэка* (двенадцать, двенадцати), *эдра* (грань), *гония* (угол), *син* (сходно), *пинакос* (таблица, доска), *клинэ* (наклон), *поли* (много), *скаленос* (кривой, неровный). С учетом этих понятий даются названия граням и многогранникам. Например, кристаллы галита, пирита и флюорита часто образуют кубы, их называют гексаэдрами (гекса — шесть, эдра — грань), а алмаза — октаэдрами. Гранат нередко кристаллизуется в форме ромбо-додэкаэдров, т. е. кристалл состоит из двенадцати граней в форме ромба.

В основе учения о кристаллографических формах лежит понятие «простая форма».



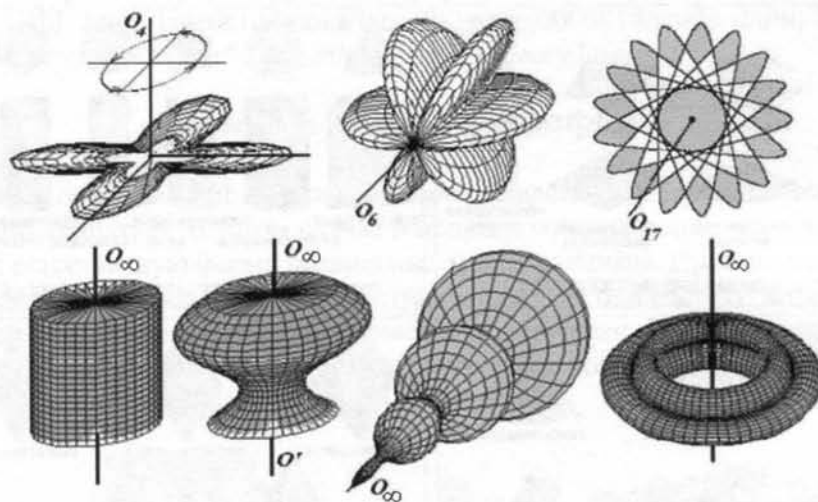
Простые формы различных категорий
<http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index2.php>

Простой формой кристаллов называется совокупность равных граней, связанных элементами симметрии. Грани простой формы одинаковы по своим физическим и химическим свойствам. Примерами простых форм могут служить куб, тетраэдр, октаэдр, ромбоэдр и др.

В природе среди кристаллов наблюдаются 47 простых форм. Сочетание двух или нескольких простых форм кристаллов называется комбинацией. Простые формы образуют множество комбинаций, поэтому форма кристаллов в природе очень разнообразна.

Изучение кристаллов начинается с рассмотрения их внешней формы. Внешняя форма хорошо сформированных кристаллических многогранников может быть описана с помощью **элементов симметрии**.

Симметрией (по-гречески слово «симметрия» означает «одинаково расположенные части») называется закономерная повторяемость равных фигур или равных частей одной и той же фигуры.



Тело обладает осью симметрии n -го порядка, если при вращении вокруг оси оно n раз совмещается с самим собой
http://www.physbook.ru/index.php/Слободянюк_А._И._Физика_10/6.10

Различаются следующие элементы симметрии:

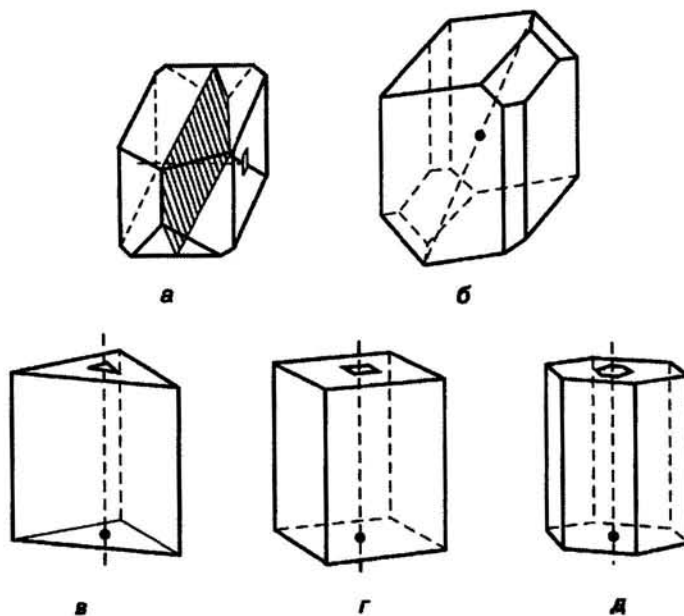
1. **Центр симметрии C** . Центром симметрии называется точка, расположенная внутри кристалла, в диаметрально противоположных направлениях и на равном расстоянии от которой располагаются одинаковые элементы и проявляются одинаковые свойства кристалла. Центр симметрии обозначается заглавной буквой C латинского алфавита. В кристаллах может быть только один центр симметрии.

2. **Плоскость симметрии P** делит фигуру на две зеркально равные части. В различных кристаллах можно провести разное количество плоскостей симметрии. Плоскость симметрии обозначается заглавной буквой P латинского алфавита, а коэффициент, стоящий перед ней, показывает количество плоскостей симметрии в многограннике. В кубе, например, можно провести девять плоскостей симметрии $9P$ (три плоскости проводятся через середины противоположных граней, шесть — через пару противоположных ребер).

3. **Ось симметрии L** — воображаемая линия, при повороте вокруг которой на 360° несколько раз совмещаются равные части кристаллов. Обозначается латинской буквой L . Число совмещений при повороте на 360° называется порядком оси (L_2, L_3, L_4, L_6).

Если при повороте кристалла на 360° многогранник совмещается со своим исходным положением дважды, имеют дело с осью симметрии 2-го порядка, если трижды — осью симметрии 3-го порядка. При четырех- и шестикратном совмещении — оси 4-го и 6-го порядков. Оси симметрии имеют следующие обозначения: L_2 — ось 2-го порядка, L_3 — ось 3-го порядка, L_4 — ось 4-го порядка, L_6 — ось 6-го порядка.

В кристалле может быть несколько осей симметрии различных порядков. Коэффициент, стоящий перед символом оси симметрии, показывает количество осей симметрии того или иного порядка. Так, в кубе мы имеем три оси симметрии 4-го порядка (проходят через середины противоположных граней), четыре оси 3-го порядка (проходят через противоположные вершины трехгранных углов) и шесть осей 2-го порядка (проходят через середины противоположных ребер).



Симметрия кристаллов:

а — плоскость симметрии с осью симметрии 2-го порядка; б — центр симметрии;
в-д — оси симметрии 3-го, 4-го и 6-го порядков соответственно

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/5770/

Оси, плоскости и центр симметрии называются элементами симметрии кристаллов. Для каждого кристалла они записываются в отмеченной последовательности в виде формулы. Для куба, например, они записываются так: $9P, 3L_4, 4L_3, 6L_2, C$. В формуле не ставятся знаки препинания, разделяющие элементы симметрии.

Совокупность элементов симметрии кристалла образует **вид симметрии**. Установлено, что возможны только 32 комбинации различных группировок, т. е. в кристаллах наблюдаются 32 вида симметрии.

Виды симметрии подразделяются на три категории — низшую, среднюю и высшую и на семь сингоний (систем).

Сингония (греч. *sinonio* — *сходимость*) — координатная система, в которую объединяются кристаллы, у которых элементы симметрии (С, Р, L) совпадают.

В кристаллах низшей категории оси симметрии либо вовсе отсутствуют (–), либо являются осями второго порядка (нет осей симметрии порядка выше двух). Это наименее симметричные кристаллы с ярко выраженной анизотропией свойств. Анизотропия (греч. *anisos* — *неравный* + *troro* — *поведение*) — различные свойства по разным направлениям (например, твердость). К низшей категории относятся три сингонии — триклинная, моноклинная и ромбическая.

В кристаллах средней категории всегда присутствует одна ось симметрии порядка выше двух — главная ось. К средней категории относятся три сингонии — тригональная, тетрагональная и гексагональная.

В кристаллах высшей категории обязательно имеются четыре оси третьего порядка $4L_3$. Это высокосимметричные кристаллы, имеющие форму куба, октаэдра или тетраэдра. Анизотропия свойств выражения слабее всего. К высшей категории относится лишь одна — кубическая сингония.

Кубическая сингония. Наиболее высокая симметрия. Все оси имеют одинаковую длину и располагаются перпендикулярно. Типичные формы кристаллов изометричные — куб, октаэдр, более сложные комбинации форм. Минералы — алмаз, пирит, гранат, галенит, шпинель, флюорит, самородные медь, серебро и золото.

Тетрагональная сингония. Три оси ячейки расположены перпендикулярно друг к другу, две имеют одинаковую длину и лежат в одной плоскости, третья — длиннее или короче. Типичные формы кристаллов — четырехгранные призмы, пирамиды, двенадцатигранные призмы и двойные пирамиды. Кристаллы часто вытянуты вдоль одной оси. Минералы: халькопирит, рутил, циркон, касситерит, шеелит.

ТРИКЛИННАЯ					
	ХАЛЬКАНТИТ	КВАРЦ	АКСИНИТ	РОДОНИТ	АЛЬБИТ
МОНОКЛИННАЯ					
	ВОЛЬФРАМИТ	ГИПС	ТИТАНИТ	АВГИТ	ОРТОКЛАЗ
РОМБИЧЕСКАЯ					
	СЕРЕ САМОРОДНАЯ	БАРИТ	ОЛИВИН	СТРУВИТ	ГЕМИМОРФИТ
ТЕТРАГОНАЛЬНАЯ					
	КАССИТЕРИТ	ЦИРКОН	ВЕЗУВИТ	ШЕЕЛИТ	ВУЛЬФЕНИТ
ТРИГОНАЛЬНАЯ					
	РОМБОЭДР	СКАЛЕНЭДР	КАЛЬЦИТ	КОРУНД	КВАРЦ
ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ					
	БЕРИЛЛ	ПИРРОТИН	ВАЛИТ	ЦИНКИТ	НЕФЕЛИН
КУБИЧЕСКАЯ					
	ОКТАЭДР	РОМБОДОДЕКАЭДР	ТРИГОН-ТРИОКТАЭДР	ТЕТРАГОН-ТРИОКТАЭДР	ГЕКСОКТАЭДР
	КУБ	ГАЛЕНИТ	ПЕНТАГОНОДОДЕКАЭДР	ТЕТРАЭДР	ТРИГОН-ТРИТЕТРАЭДР

Сингонии и формы кристаллов

http://www.podarki33.ru/?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=213

Гексагональная и тригональная. В последнее время их часто объединяют в один класс симметрии, так как считается, что тригональная является частным упрощенным случаем гексагональной. Такие фигуры разбивают по 4 осям, три из которых расположены в одной плоскости, имеют равную длину и пересекаются под углом 120° , четвертая ось расположена перпендикулярно. Типичные формы кристаллов — шестигранные призмы и пирамиды, трехгранные призмы и пирамиды, ромбоэдры. Минералы: аквамарин, берилл, рубин, сапфир, турмалин, сердолик, кварц, корунд, гематит, кальцит, доломит.

Ромбическая сингония. Три оси разной длины расположены перпендикулярно друг другу. Типичные формы кристаллов: ромбические призмы и пирамиды, двойные пирамиды. Минералы: александрит, ангидрит, топаз, арагонит, сера, ставролит, силлиманит.

Моноклинная. Из трех осей различной длины две пересекаются под прямым углом, третья расположена наклонно по отношению к ним. Типичные формы кристаллов: пинакоид и призмы с наклонными торцевыми поверхностями. Минералы: роговые обманки, слюды, эпидот, тальк, многие цеолиты, азурит, диопсид, малахит, гипс, эпидот.

Триклинная сингония. Самая несимметричная группа. Все три оси имеют различную длину и наклонены друг к другу под углами, отличными от прямого. Типичные формы — призмы. Минералы: плагиоклазы, бирюза, микроклин, кианит, родонит.

Форма кристаллов зависит от всех элементов симметрии в той или иной сингонии. Для каждой сингонии характерна своя форма. Не всегда в природе кристаллы в процессе роста достигают своей идеальной формы, которые приведены на рисунке. Если условия образования кристалла меняются, некоторые части кристалла или не успевают развиваться, или растворяются. Поэтому образуются искаженные формы кристаллов, уплощенные или вытянутые, т. е. развитые лишь в определенных направлениях.

Форма минералов и их агрегатов

Внешняя форма минералов во многом определяется особенностями их кристаллической структуры. Для описания внешней формы в практике используются понятия «габитус» и «облик» кристалла.

В таблице для определения минералов в специальном столбце указаны по порядку сингония, габитус, облик и форма нахождения минерала.

Габитус кристаллов (лат. *habitus* — *внешность*) — наружный вид кристаллов, определяемый преобладающим развитием граней тех или иных простых форм. Примеры габитусов: октаэдрический (алмаз, магнетит), кубический (флюорит, пирит, галит), призматический (берилл, диопсид), дипирамидальный (циркон) и др.

Понятие **облик** обычно относят исключительно к внешнему виду минерала — столбчатый, пластинчатый и др. Минералы одного и того же облика, например столбчатого, могут иметь различный габитус, например дипирамидальный или призматический.

Кристаллы по облику делятся на три типа: изометричные, вытянутые по двум направлениям, вытянутые в одном направлении.

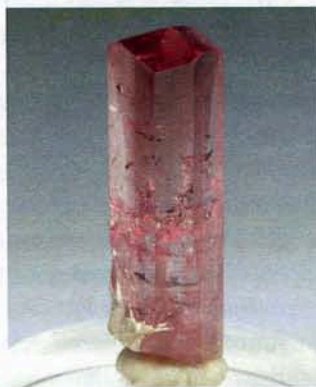
Изометрические



Кристалл граната

<http://www.minatsoy.ru/aboutstones/1162/>

Вытянутые в одном направлении



Кристалл рубеллита

<http://insminerals2005.narod.ru/Malkhan4.htm>

Вытянутые по двум направлениям



Молибденит

<http://geo.web.ru/druza/pg-120-139/page-130m.htm> Фото А. А. Евсеева

Изометричные кристаллы, или минеральные зерна, имеют одинаковые размеры во всех направлениях (гранат, магнетит, сфалерит, пирит и др.). У минералов удлиненного типа (вытянутых в одном направлении) длина значительно преобладает над шириной. Примером удлиненных минералов могут быть турмалин, берилл, хризотил-асбест, гипс-селенит. Уплощенные минералы отличаются тем, что их толщина меньше ширины. Это гематит, биотит, хлорит и др. Минералы, вытянутые по двум направлениям, имеют удлиненно-уплощенный облик (барит, гипс) и уплощенно-удлиненный облик (кианит, сподумен).

При формировании кристаллов часто образуются **двойники**, когда два кристалла одного минерального вида срастаются друг с другом по определенным правилам. Двойники возникают в результате закономерного срастания или прорастания кристаллов одного и того же минерального вида. При этом двойничающиеся кристаллы имеют общее ребро, грань или даже часть кристалла.



Двойник ставролита
http://mindraw.web.ru/mineral_staurolit.htm



Двойник пирита
<http://fineday.at.ua/photo/16>



Двойник гроссуляра
<http://mindraw.web.ru/kant-st-den.htm>



Ортоклаз
(карлсбадский двойник)
http://geo.web.ru/druza/m-cryst_3-10.htm



Кварц, японский двойник
<http://www.spmi.ru/content/kvarts>



Двойник срастания гипса «ласточкин хвост», 6 см
<http://mindraw.narod.ru/photoalbum11.html>



Двойник титанита, 2 см
Город Неройка,
Приполярный Урал.
<http://mindraw.narod.ru/photoalbum11.html>



Касситерит, «коленчатый двойник», 4 см
<http://mindraw.narod.ru/photoalbum11.html>

Интересные минеральные образования возникают при расщеплении кристаллов.



Расщепленный кристалл кварца — «пучок» и «сноп»
Дашкесан, Азербайджан (Кантор, 2005)

Наиболее часто встречающимися формами нахождения минералов в природе являются **незакономерные сростания минералов — минеральные агрегаты**. Минеральные агрегаты могут быть **мономинеральными** (греч. *monos* — *один, единственный*) и **полиминеральными** (греч. *polys* — *многочисленный*).

Примером мономинерального агрегата может служить известняк, который состоит из минерала кальцита. А гранит, в состав которого входят кристаллы и зерна различных минералов, — это полиминеральный агрегат.

При описании минеральных агрегатов также следует обращать внимание на размер отдельных кристаллов и их форму.

По размеру слагающих их кристаллов агрегаты могут подразделяться на гигантокристаллические — слагающие кристаллы более 3 см; крупнокристаллические — 1–3 см; среднекристаллические — 0,3–1 см; мелкокристаллические — менее 0,3 см, выделяются также скрытокристаллические агрегаты, отдельные зерна которых не видны невооруженным глазом. Если размер кристаллов в агрегате не выдержан, то можно употреблять смешанные определения, например крупно-среднекристаллический, средне-мелкокристаллический и т. д. Предлагаемые граничные размеры достаточно условны, в различных учебных пособиях и научной литературе они могут несколько отличаться.

Кристаллы неправильной формы иногда называют **зернами**. Зернистые агрегаты различны по величине зерна (крупнозернистые — более 5 мм, среднезернистые — 1–5 мм, мелкозернистые — менее 1 мм). Выделяют также равномернозернистые и неравномернозернистые агрегаты. Тонкозернистые и скрытокристаллические состоят из более мелких зерен, не различимые глазом.

При описании формы слагающих агрегат кристаллов можно ограничиться ее простой характеристикой, например: изометричная, таблитчатая, дисковидная, уплощенная, листоватая, пластинчатая, вытянутая, столбчатая, шестоватая, игольчатая, волокнистая, нитевидная и т. д. Иногда в строении агрегатов наблюдаются упорядоченные выделения слагающих их кристаллов, образующие звездчатые, сноповидные, сетчатые, розетковидные скопления. Например, дисковидные кристаллы гипса или кальцита, растущие из одного центра, могут образовывать красивые «каменные розы».

Наиболее часто в природе встречаются **незакономерные сростки кристаллов в виде друз или щеток**.

Друза (нем. *druse* — *щетка*) — форма минерального агрегата, представленная группой кристаллов, выросших на общем основании — стенку полости или открытой трещины в горных породах. Часто встречаются друзы кварца, аметиста, кальцита, антимонита и др.

Щетка похожа на друзы, но термин чаще используется, когда кристаллы, выросшие на каком-либо основании, имеют примерно одинаковый размер и ориентировку.

Друзы и щетки кристаллов часто нарастают по стенкам жеод.

Жеоды (греч. *геодес* — *земляной*) — пустоты в горных породах, округлые, овальные или любой иной формы, на стенках которых кристаллизовались минералы. Стенки полости обычно сложены друзами кристаллов. Маленькие жеоды называются миндалины (минимальная величина

на — менее одного сантиметра), а самые большие жеоды могут достигать в поперечнике более 1 м.



Друза кристаллов горного хрусталя
Южный Урал. Коллекция
Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой



Моганит
Жеода. 9 см. Мексика
<http://www.fmm.ru/novpostpage.htm>



Щетка кристаллов гипса —
«гипсовая роза»
Сатка, Южный Урал. Коллекция
Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой

Конкреция (лат. *concretio* — *стяжение*) — шаровидный (иногда сплюснутый или неправильно округленный) минеральный агрегат радиально-лучистого строения. В центре конкреции нередко находится зерно, которое служило затравкой при ее росте. Чаще всего конкреции образуются в пористых осадочных породах — песках и глинах. Размеры этих образований — от миллиметров до десятков сантиметров, а иногда даже до метра и более. По внешней форме они могут быть плотными кристаллическими (радиально-лучистые или зернистые по внутреннему строению), скрытокристаллическими (кремь) или рыхлыми и землистыми (лимонитовые, вивианитовые). В осадочных горных породах часто встречаются конкреции пирита, марказита, кремнезёма (кварцевые, халцедоновые, кремь), карбонатов и фосфоритов. Разновидность конкреций карбонатно-глинистого состава, встречающаяся только в осадочных породах и характеризующаяся наличием многочисленных трещин усыхания внутри, носит название «септария». Синонимом понятия «конкреция» является «стяжение» или «желвак».



Карбонатная конкреция
Домашкинские Вершины, Поволжье.
Коллекция и фото Г. А. Данукаловой

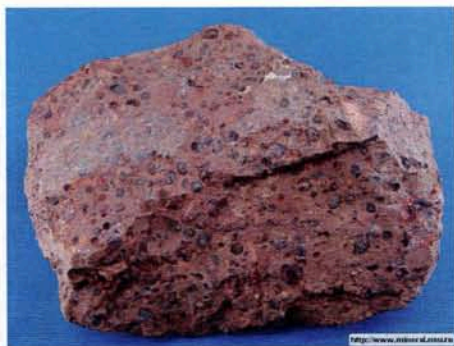


Конкреции лимонита
Балыклькуль, Южное Предуралье.
Коллекция и фото Г. А. Данукаловой



Сходными с конкрециями образованиями являются оолиты.

Оолиты (греч. *ὄον* — *яйцо* и *λίθος* — *камень*), иногда их называют бобовины или горошины, — образования шаровидной или эллипсоидальной формы, состоящие из окислов и силикатов железа и марганца, кальцита, доломита, арагонита, родохрозита и других минералов. Размеры оолитов от нескольких микрон до 15–25 мм. Оолиты крупнее 2–5 мм называются пизолитами. Обычно (не всегда) в центре оолитов находится песчинка или фрагмент известковой раковины какого-либо организма, вокруг которого происходит последовательное нарастание тонких корочек осаждающегося вещества, вследствие чего строение оолитов обычно концентрически-скорлуповатое; наблюдаются также оолиты радиально-лучистого и сложного строения. Оолиты образуются в морской воде и в теплых источниках в результате коллоидно-химических и биохимических процессов.



Оолиты в боксите

Урал, Соколовское месторождение.

Геологический музей НГУ, Новосибирск

http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1289

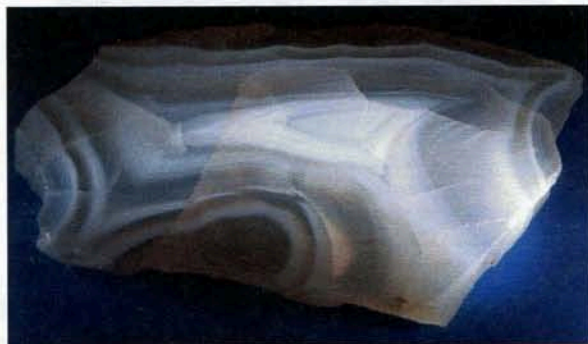


Оолитовый известняк

Пермская область. Подарок А. В. Кочергина

Фото Г. А. Данукаловой

Секрестиями (лат. *secretio* — *отделение*) называют формы выделения минералов, являющиеся результатом вторичного, заполнения полостей и пустот в горных породах, вследствие последовательного и постепенного отложения на стенках пустот различных минеральных соединений. Самый яркий пример секрестии — агат.



Агаты. Секрестии

Челябинская область. Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой



Гипс. Секрестия

Уфа. Коллекция и фото Г. А. Данукаловой

Дендриты (греч. *dendron* — *дерево*) — кристаллические сростки, имеющие виды веточек и кустиков. Большей частью они встречаются по стенкам узких трещин горных пород; в таких случаях они расположены в одной плоскости; реже веточки, заключенные в вещество другого минерала, идут по всем направлениям (свободное образование, например, в так называемом моховом агате). Они образовались в результате просачивания воды, содержащей в растворе минеральные вещества, которые при подходящих условиях выделяются в виде кристаллических сростков. Чаще всего дендриты состоят из окиси железа и окиси марганца. Дендриты ошибочно принимают за остатки растений. В виде дендритов часто встречаются самородные медь и серебро, золото. Лучший пример дендрита — снежные узоры зимой на оконных стеклах.



Дендриты пиролюзита
*Файзуллинское месторождение марганца,
Баймакский район РБ. Фото Л. Н. Белан*



Дендриты льда на стекле
Фото Дж. Арье



Дендриты пиролюзита на серпентините
*Кирябинское меднопорфировое месторождение,
Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой*



Дендриты пиролюзита на яшме
*Месторождение яшм Старомуйнаковское,
Учалинский район РБ. Фото Г. А. Данукаловой*



Чтобы увидеть, пожалуй, самые удивительные дендриты, совсем не обязательно ехать за тридевять земель. Достаточно собрать рюкзак и отправиться в поход на гору Ауштау, которая расположена в Учалинском районе РБ. Гора сложена знаменитой аушкульской «яшмой», на которой дендриты лимонита и пиролюзита создают затейливые узоры, благодаря которым аушкульская «яшма» стала одной из самых знаменитых в мире. Любой, кто бывал в Эрмитаже, любовался вазами из редкой по красоте аушкульской «яшмы». Она была открыта в 1778 году на горе Ауштау, и на протяжении четверти века добытые монолиты отсылались в Петергоф для изготовления каминов, ваз и столешниц. Изделия из аушкульской «яшмы» демонстрировались на выставках Лондона, Безансона, Парижа, Вены, Филадельфии, Нью-Орлеана, Антверпена, Копенгагена, Чикаго, Венеции, Стокгольма, Сан-Луи, Брюсселя, Рима, Турина.



Дендриты лимонита и пиролюзита
на аушкульской «яшме»
Гора Ауштау, Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан



Гора Ауштау и озеро Аушкуль
*Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой*

По форме составляющих агрегат частиц также выделяют листоватые, чешуйчатые, игольчатые, шестоватые (параллельно-шестоватые), волокнистые агрегаты.

Листоватые, чешуйчатые агрегаты — зерна, слагающие агрегат, имеют пластинчатый облик. На листоватые и чешуйчатые делятся в зависимости от размеров индивидов.

Шестоватый, параллельно-шестоватый, игольчатый, агрегат — минеральный агрегат, образованный плотным срастанием удлинённых в одном направлении кристаллических индивидов. Индивиды расположены параллельно друг другу и перпендикулярно основанию или стенкам трещины (гипс-селенит, асбест).

В **волокнистом агрегате** отдельные кристаллы отличаются исключительной тонкостью, могут легко отделяться в виде волокон.

Для порошковатых, рыхлых, глинистых минералов характерны **землистые агрегаты** — мягкие мучнистые скрытозернистые образования. Часто наблюдаются в виде корок и скоплений, возникающих при химическом выветривании горных пород и руд. В зависимости от цвета землистые массы называют сажистыми (черные массы гидроксидов марганца), охристыми (желто-бурые массы гидроксидов железа).



Зернистый агрегат. Апатит
<http://offsk.ru/?p=24>



Землистый агрегат. Монтмориллонит
<http://popnano.ru/news/show/1963>

Иногда на поверхности горных пород или стенках трещин образуются выделения минералов, которые называются налетами, примазками, присыпками, выцветами, корочками, прожилками.

Налеты и примазки встречаются в виде тонких пленок на поверхности минералов. Наиболее часто это бурые пленки гидроксидов железа, черные пленки гидроксидов марганца, примазки медной зелени и сини в горных породах, вмещающих минералы меди.

Присыпки — нарастание большого числа мелких кристаллов на обращенные кверху поверхности кристаллов, агрегатов или породы. По расположению присыпок можно судить об ориентации покрытых ими кристаллов (агрегатов) относительно направления действия силы тяжести в момент роста.

Выцветы — периодически появляющиеся на поверхности горных пород, руд, сухих почв и в трещинах рыхлые пленки, корочки, рассеянные моховидные и пушистые образования каких-либо солей, чаще всего легкорастворимых водных сульфатов.

Корочки — тонкий твердый налет минерала на поверхности породы.

Прожилки — мелкие жилы, образовавшиеся в результате заполнения минералами тонких трещин в породе.

При выпадении минерального вещества из растворов, текущих по открытым поверхностям, возникают **натечные формы**. Как правило, они сложены мелкокристаллическим или скрытокристаллическим минеральным веществом.

Натечные формы имеют вид сосулек, почек, желваков, корок. Часто встречающиеся в пещерах натечи формируют сталактиты, свисающие с потолка в виде сосулек, растущие им навстречу образования в виде

столбиков и башен называются сталагмитами, колоннообразные формы — сталагматами, а стекающие по стенкам каскады «каменных струй» — занавесами.

В натечных формах могут встречаться самые разные минералы: гидроксиды железа и марганца, опал, малахит, гипс, арагонит, кальцит, смитсонит и др. Натечные образования в поперечном срезе имеют зонально-концентрическое строение.



Срез сталактита

Южный Урал. Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой

Формы кристаллов и агрегатов

Таблицы составлены Т. Ф. Михайловой, Дворец пионеров и школьников им. Н. К. Крупской, г. Челябинск с изменениями авторов. Иллюстрации — каталог минералов <http://www.catalogmineralov.ru>, <http://ru.wikipedia.org/wiki>, <http://geo.web.ru/drusa/>, <http://mindraw.web.ru>, <http://dic.academic.ru>, Г. А. Данукалова, Л. Н. Белан.



Октаэдр. Алмаз



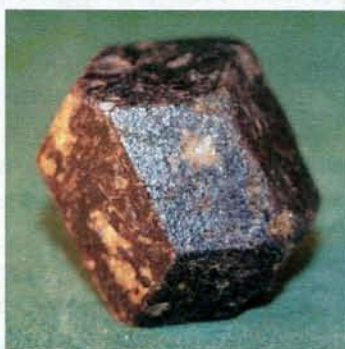
Гексаэдр. Пирит



Скаленоэдр. Кальцит



Тригональная сингония. Турмалин



Ромбический додекаэдр. Гранат



Октаэдр. Флюорит



Зернистый агрегат. Мрамор



Друза. Кварц



Щетка. Гранат



Жеода. Агат. Кварц



Конкреция (срез). Пирит



Секреция. Агат



Дендриты псиломелана на калканской яшме



Дендриты гидроксидов марганца



Псевдоморфоза лимонита по пириту



Дендриты оксидов марганца в халцедоне



Дендрит. Нашатырь



Дендрит. Медь



Натёчная форма. Халцедон



Натёчная форма. Халцедон



Натёчная форма.
Сталактиты кальцита



Натёчная форма. Гётит



Натёчная форма.
Почковидный агрегат малахита



Натёчная форма. Почковидный
агрегат марганцевой руды



Радиально-лучистый рутил



Спутанноволокнистый нефрит



«Розы». Щетка. Гипс



Волокнистый асбест



Чешуйчатый лепидолит



Чешуйчатый мусковит

Псевдоморфизм

Встречаются в природе минералы, которые имеют несвойственную им форму. Подобные образования называются **псевдоморфозами** (*pseudos* — *ложь*, *morphē* — *форма, вид*) — это кристалл, зерно или агрегат минерала, замещенный без изменения его формы другим минералом или смесью минералов. Отсюда и название — фальшивая (псевдо) форма (морфа).

Например, кристаллы пирита и в особенности марказита в поверхностных условиях замещаются лимонитом. Крупные (до 5 см) псевдоморфозы лимонита по пириту можно встретить в окрестностях карьера Учалинского медно-цинково-колчеданного месторождения.

Псевдоморфозы образуются двумя способами:

- путем постепенного замещения первоначального минерала по мере его реакции с воздействующим реагентом (псевдоморфозы замещения);
- путем отложения нового минерала в полости, освободившейся после растворения и удаления исходного минерала (псевдоморфозы заполнения).

В том и другом случае новообразовавшийся минерал может в точности, вплоть до скульптуры граней, повторять форму замещенного.



Псевдоморфоза лимонита по конкреции пирита, 4 см,
«Белая Пустыня», Египет
<http://mindraw.web.ru/cristall16.htm>

Псевдоморфозы встречаются среди всех классов минералов, например, медь образует псевдоморфозы по куприту, атакамит по азуриту, пирит по пирротину, гётит по пириту, кварц по апофиллиту, малахит по куприту, топаз по микроклину и т. д. В химическом отношении псевдоморфоза может отличаться от первоначального минерала. Однако это не обязательно; примерами псевдоморфоз с сохранением химического состава могут служить некоторые кристаллы кварца (Кантор, 1982).

Основные признаки псевдоморфоз — несоответствие формы кристаллов минеральному виду или наличие остатков незамещенного раннего минерала.

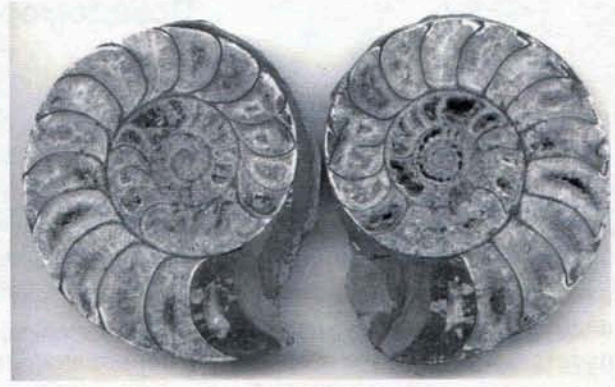
Встречаются псевдоморфозы по ископаемому дереву, раковинам древних моллюсков, кораллам и прочим органическим остаткам — биоморфозы, зооморфозы и фитоморфозы. Органические остатки могут не только замещаться минеральным веществом, но также служить своего рода затравкой, вокруг которой происходит концентрация и избирательное осаждение некоторых минералов.

Широко распространены пиритовые и сидеритовые биоморфозы в отложениях разного возраста. В любом геологическом музее обязательно есть образец пиритизированных раковин моллюсков.



Благородный опал по гастроподам
(псевдоморфозы)

Австралия. Образец: А. Захаров. Гемма-2010.
Фото А. А. Евсеев



Кальцит по раковине наutilus
Эрфуд, Марокко.

Коллекция и фото Г. А. Данукаловой

У псевдоморфоз часто сохраняются мельчайшие детали поверхности или внутреннего строения первоначальных кристаллов и агрегатов. Об этом свидетельствует удивительная история, известная под названием «Пиритовый человек».

Вот как комментирует эту историю житель шведского городка Фалун (<http://dirty.ru/comments/>; http://ynik.info/2008/07/03/mir_kamnja_osoboe_izmerenie.html).



Пиритовый человек

Гравюра начала XV века
http://ynik.info/2008/07/03/mir_kamnja_osoboe_izmerenie.html

В городке Фалун есть старая шахта. Ей больше тысячи лет. Медью из нее покрыты крыши пол-Европы, а во времена Карла XII из этой меди отливали пушки.

Однажды, в 1719 году, в одной из штолен обнаружили погибшего рудокопа. Тело извлекли на поверхность, и множество зевак собралось поглядеть на него. Рудокопа опознала старая женщина — это был ее жених, пропавший 42 года назад. Его звали Матс Израэльссон, или Толстый Матс, и работал он в шахте в 1677 году. очевидцы утверждают, что тело рудокопа настолько хорошо сохранилось в воде, пропитанной минеральными солями, что он выглядел точно так же, как в день своего исчезновения. Он представлял собой каменную скульптуру человека, стоявшего на ногах и заслонившегося рукой, вероятно, от камнепада: сохранились не только поза, но и складки одежды, черты лица и даже табак в его кармане.

Матс был выставлен на показ общественности и стал известен как «Окаменевший (пиритовый) человек». Он простоял экспонатом 30 лет. Через некоторое время в условиях свободного доступа кислорода пирит начал окисляться и каменный человек стал разрушаться. В 1930 году его похоронили по-настоящему на церковном кладбище. Его могильный камень выполнен в виде знака меди.

Что же произошло с рудокопом? После того как он упал в шахту, его засыпало мелкими обломками и тело пропиталось железным купоросом, которым были насыщены воды, находящиеся в заброшенной шахте. Тело человека пропускает жидкие и газообразные вещества по межклеточным промежуткам или другим путям. Атомы железа и серы, присутствующие в живых организмах, явились центрами, в которых начал образовываться пирит — сульфид железа. Сульфид железа в обычной атмосфере с кислородом и парами воды распадается, поэтому после длительного нахождения на воздухе «пиритовый человек» начал рассыпаться.

Такой случай не единичен.

В XIX веке ученый-француз случайно оставил колбу с железным купоросом неплотно закрытой, а по возвращении из отпуска обнаружил в колбе мышью, выполненную целиком пиритом. Она также не разложилась, а заместилась пиритом.

Мышь, замещенную минералами халькантитом и атакамитом, можно увидеть в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана.



Псевдоморфоза халькантита
и атакамита по мыши

Образец: Мин. музей им. А. Е. Ферсмана
РАН (№1332). Фото А. А. Евсеева.
http://geo.web.ru/druza/m-pseud_geo_zh.htm



Медь по дереву (псевдоморфоза).

Ствол дерева (ливанского кедра) из древней горной выработки, частично заместившийся самородной медью
Mavrovouni Mine, Кипр.

Образец: Туксон-шоу-2009.
<http://wiki.web.ru/images/1/1b/news.ph/jpg>



Псевдоморфоза опала по дереву.

Бабаевское бурогольное месторождение, г. Кумертау, Республика Башкортостан.
Геологический музей РБ, г. Уфа. № 1841 (С-9-493-87).
Фото Г. А. Данукаловой

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Каждый минерал обладает определенными присущими только ему свойствами, по которым его можно отличить от других. Эти свойства называются диагностическими. К таким свойствам относятся морфологические, которые мы рассмотрели выше в соответствующих разделах (облик кристаллов, двойники и др.), оптические (цвет минерала, цвет черты, блеск, прозрачность) и механические (спайность, излом, твердость, хрупкость, ковкость, упругость, а также другие свойства — плотность, магнитность, радиоактивность и др.).

Глава проиллюстрирована фотографиями из википедии (<http://ru.wikipedia.org/wiki>; <http://upload.wikimedia.org/wikipedia>), каталога минералов (<http://www.catalogmineralov.ru>) и коллекции Л. Н. Белан.

Оптические свойства минералов

Объединяют целый ряд диагностических свойств, таких как цвет, цвет черты, блеск, светопреломление, двойное лучепреломление, дисперсия, плеохроизм, прозрачность, люминесценция. Ряд этих свойств имеет значение для диагностики минералов с помощью специальной аппаратуры, другие же легко определяются невооруженным глазом и являются четкими индикаторами конкретных минералов.

Рассмотрим наиболее важные из оптических свойств.

Цвет — способность минералов отражать и преломлять свет. Определяется визуально путем сравнения с хорошо знакомыми предметами, например, молочно-белый, кирпично-красный, соломенно-желтый, свинцово-серый, железно-черный.

Для некоторых минералов цвет является важным признаком. Например, когда говорят «малахит» или «изумруд», сразу возникают ассоциации с зеленым цветом, а некоторые минералы даже получили свое название благодаря цвету — лазурит (перс. «دروزال» — лажвард — *синий камень*), аурипигмент (лат. aurum — *золото, золотая краска*). Однако для большинства минералов цвет не является основным диагностическим признаком.



Пирит

От светлого латунино-желтого до золотисто-желтого, со временем меняется до темно-желтого



Киноварь

Цвет красный, иногда наблюдается темная синевато-серая побежалость



Вивианит

Бесцветный, зелёный, голубой, темно-зелёный, голубовато-зелёный



Сфалерит

Желтый, красновато-оранжевый, зеленовато-желтый, серый, темно-серый, почти бесцветный



Магнетит

Железно-чёрный



Халькопирит

Золотисто-желтый



Галенит

Свинцово-серый



Гематит

От металлического серого до коричнево-красного

На поверхности минерала может образоваться тонкая разноцветная пленка, напоминающая пленку бензина на воде. Это явление называется побежалостью.



Побежалость на кристаллах антимонита



Побежалость на буром железняке
Месторождение Муртыкты, Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой

Цвет черты — цвет минерала в тонком порошке. Цвет некоторых минералов в куске, может отличаться от цвета того же минерала в порошке. Например, золотистый пирит, если его растереть в порошок, будет выглядеть черным, а цвет порошка минерала гематита всегда имеет красноватый оттенок. Это свойство позволяет отличить их от других похожих минералов.

Определяется цвет черты путем проведения куском минерала по шероховатой поверхности фарфоровой пластинки (бисквита). При этом четкую черту оставляют только ясноокрашенные минералы, твердость которых меньше твердости фарфора. Более твердые минералы черты не дают (они царапают фарфор), а бесцветные плохо окрашенные минералы, как правило, имеют плохо заметную белесую черту.



Пирит
Цвет черты — черный



Гематит
Цвет черты —
характерный вишнево-
красный



Халькопирит
Цвет черты —
зеленовато-черный



Хромит
Цвет черты — коричневый

Блеск минералов — способность отражать падающий на них свет. Блеск минерала зависит от среднего показателя преломления минерала и от качества его поверхности. Чем выше показатель преломления, тем сильнее блеск.

Выделяют три вида блеска — металлический, металловидный (полуметаллический) и нематаллический.

Металлический блеск — напоминает блеск поверхности любого металла. Им обладают обычно непрозрачные минералы (гематит, магнетит, антимонит, ртуть самородная, пирит).

Металловидный (полуметаллический) блеск — блеск потускневшей поверхности металла (графит, гематит).

Алмазный блеск — сверкающий блеск отшлифованного алмаза или хрусталя. Наблюдается только у прозрачных или полупрозрачных минералов (алмаз, киноварь, циркон, сфалерит).

Стекланный блеск — блеск поверхности бутылочного стекла (кварц, гипс, кальцит, берилл).

Жирный блеск — напоминает блеск жирных пятен (самородная сера, кварц на изломе).

Перламутровый блеск — как у жемчуга, наблюдается преимущественно на плоскостях спайности (слюды, гипс, хлориты, некоторые цеолиты).

Шелковистый блеск — встречается у параллельно-волокнистых минералов или соответствующих агрегатов (асбест, серпентин).

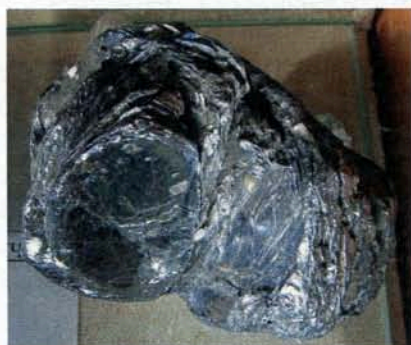
Восковой — тусклый, напоминающий блеск восковой свечи.

Матовый — отсутствие блеска, минерал не блестит (лимонит).

По своей интенсивности выделяются также блеск сильный и блеск тусклый.

Один и тот же минерал может встречаться в разных агрегатных состояниях, приобретая различные типы блесков (например, кристаллы малахита имеют стеклянный блеск, его землистые агрегаты — тусклый, а волокнистые — шелковистый). Блеск одного и того же кристалла на его поверхности, на сколе и на плоскостях спайности может существенно различаться. Различным бывает и блеск разновидностей минералов как в пределах одной группы (например, в группе гранатов, полевых шпатов), так и в зависимости от структуры конкретного минерального агрегата.

Блеск не зависит от окраски минералов, но сам иногда влияет на цвет минерала (например, красные кристаллы киновари кажутся сероватыми благодаря сильному алмазному блеску).



Молибденит — металлический



Пирит — металлический



Галенит — металлический



Графит — металловидный



Кварц — стеклянный



Сера — жирный



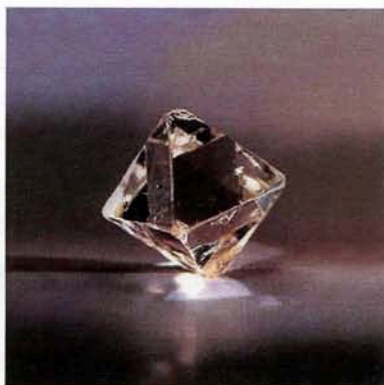
Опал — восковой



Хризотил-асбест — перламутровый



Селенит — шелковистый



Алмаз — алмазный



Каолинит — матовый

Прозрачность — способность пропускать свет в тонких пластинах. По степени прозрачности выделяют минералы:

- **прозрачные** (через них ясно видны предметы: горный хрусталь, гипс, мусковит);
- **полупрозрачные** (через них видны лишь очертания предметов: халцедон, опал);
- **просвечивающие** (пропускают свет в очень тонких пластинах, но предметы через них различить нельзя: полевые шпаты);
- **непрозрачные** (совсем не пропускают свет: пирит, магнетит).

Механические свойства минералов

К основным механическим свойствам минералов относятся твердость, спайность, излом, плотность.

Твердость. Это свойство поверхности минерала оказывать сопротивление механическому царапанию.

Твердость является анизотропным свойством. Это значит, что различные грани кристалла не равны по твердости, так как соответствуют разным по строению плоскостям кристаллической решетки, грани некоторых кристаллов по-разному царапаются в разных направлениях. Для некоторых минералов анизотропность твердости имеет диагностическое значение — например, кристалл кианита можно легко поцарапать ногтем в продольном направлении, а в поперечном он едва ли поцарапается иголкой. Различают шкалы твердости относительную и абсолютную.









Относительная шкала является наименее точной, хотя ее используют повсеместно до сих пор — она удобна и практична в применении. Относительная твердость минерала определяется методом царапания и была введена более 150 лет назад (в 1811 году) австрийским минералогом Фридрихом Моосом. Он разработал сравнительную шкалу (шкалу твердости Мооса), расположив 10 минералов в порядке возрастания их твердости. Минералы с большим номером твердости могут поцарапать любой минерал с меньшим номером. Минералы с одинаковой степенью твердости не оставляют друг на друге следов. Все известные в настоящее время минералы соотнесены со шкалой Мооса.

При определении твердости всегда следует испытывать свежую поверхность минерала. Важно помнить, что скрытокристаллические и порошковатые разновидности минералов обладают ложными малыми твердостями. Например, гематит в кристаллах имеет твердость 6, а в виде красной охры меньше 4, что говорит о практически отсутствии сцепления в порошковатой массе гематита.

Обычно твердость определяется при помощи стальной иглы, кусочка стекла и набора эталонных минералов. Например, если минерал царапается иголкой так же легко, как и кальцит, ему присваивается твердость 3. Если труднее, чем кальцит, но легче, чем флюорит, твердость будет присвоена 3,5. Если минерал не царапается иголкой, следует с усилием провести им по стеклу. Если он царапает стекло легче кварца, надо сравнить с топазом и т. д. Определяя твердость минерала, лучше всего начинать со стекла, так как его значение твердости приходится примерно на середину шкалы.

Шкала Мооса

(<http://ru.wikiversity.org/wiki/Геология>)

Твердость по Моосу	Минерал	Абсолютная твердость, г/см ²	Изображение	Определение
1	Тальк ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)	1		Царапается ногтем
2	Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	3		Царапается ногтем
3	Кальцит ($CaCO_3$)	9		Царапается медной монетой
4	Флюорит (CaF_2)	21		Царапается ножом, оконным стеклом
5	Апатит $Ca_5(F, Cl, OH)(PO_4)_3$	48		Царапается ножом, оконным стеклом
6	Ортоклаз ($KAlSi_3O_8$)	72		Царапается напильником
7	Кварц (SiO_2)	100		Поддается обработке алмазом, царапает стекло
8	Топаз $Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$	200		Поддается обработке алмазом, царапает стекло
9	Корунд (Al_2O_3)	400		Поддается обработке алмазом, царапает стекло
10	Алмаз (C)	1600		

Спайность — это свойство минерала раскалываться при механическом воздействии в определенных направлениях (одном или нескольких), образуя при этом гладкие поверхности спайности. Поверхности спайности расположены параллельно возможным граням кристалла.

В зависимости от того, насколько гладкие получаются поверхности, выделяются следующие виды спайности:

Спайность весьма совершенная — минерал легко расщепляется на отдельные тонкие пластинки или листочки, расколоть в другом направлении очень трудно (слюды, хлориты).



Мусковит

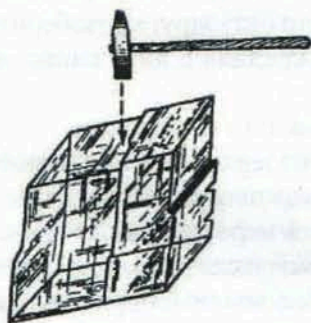


Гипс



Лепидолит

Спайность совершенная — минерал легко раскалывается преимущественно по плоскостям спайности, образуя ровные блестящие поверхности. В отличие от минералов с весьма совершенной спайностью, отбитые кусочки таких минералов часто напоминают отдельные кристаллы (кальцит, галенит, галит). Например, при раскалывании галита образуются мелкие правильные кубики. Получить излом по другим направлениям трудно.



Кальцит — спайность в трех направлениях



Кальцит



Галит

Спайность средняя — при раскалывании минерала на обломках образуются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям (роговая обманка, полевые шпаты).



Амазонит



К-Na полевой шпат

Спайность несовершенная — минералы раскалываются по произвольным направлениям с образованием неровных поверхностей, отдельные плоскости спайности обнаруживаются с трудом, их приходится искать на обломке минерала (сера, апатит, оливин).

Спайность весьма несовершенная — при раскалывании образуются только неровные поверхности, т. е. спайность практически отсутствует (корунд, золото, платина, магнетит). У таких минералов наблюдаются раковистый, занозистый излом.



Халцедон



Лимонит

Все минералы, в названия которых входит слово «шпат», обнаруживают более или менее хорошую спайность, как, например, полевой шпат, исландский шпат, бурый шпат, тяжелый шпат и др. Слюды и слюдистые минералы обладают весьма совершенной спайностью, перпендикулярной главной оси (оси С); около 50% рудных минералов имеют спайность по кубу, октаэдру или ромбододекаэдру.

К сожалению, в литературе не существует общепринятой шкалы спайности, так что иногда можно столкнуться с различными понятиями. В качестве примера можно привести слюды и гипс, которые имеют совершенную спайность в одном направлении; кальцит и галенит — совершенная спайность в трех направлениях (по ромбоэдру); флюорит — совершенная по октаэдру; хризоберилл и шпинель — несовершенная спайность по октаэдру; полевые шпаты — средняя в двух направлениях; пирит, корунд и кварц — отсутствие спайности.

Излом — вид или характер поверхности, получающийся при раскалывании минералов.

Раковистый излом имеет вид вогнутой и концентрической волнистой поверхности, напоминающей поверхность раковин (горный хрусталь, обсидиан); **занозистый** — когда поверхность, покрыта ориентированными в одном направлении занозами (напоминает поверхность переломанной деревянной доски, например актинолит, гипс-селенит, роговая обманка); **землистый** излом характерен для минералов с матовой шероховатой поверхностью, напоминает излом комка земли (например, каолинит, лимонит); **зернистый** излом напоминает поверхность спрессованного сахарного песка (апатит), **неровный** излом (без определенной формы) свойственен минералам с весьма несовершенной спайностью (нефелин, кварц). Существуют еще несколько видов излома — **чешуйчатый** (серицит), **листоватый** (слюда), **ступенчатый** (галенит, галит) — форма которых соответствует названию.

Минералы, обладающие совершенной спайностью в 1–2 направлениях, дают ровный или чешуйчатый излом; если число направлений совершенной спайности возрастает до 3 и более, то излом может быть ступенчатым. Для минералов с несовершенной или весьма несовершенной спайностью часто наблюдается раковистый или неровный излом. Минералы волокнистого сложения характеризуются волокнистым (занозистым) изломом. Самородные металлы (медь, железо) обнаруживают **крючковатый** излом.



Раковистый излом



Зернистый излом



Чешуйчатый излом



Волокнистый, занозистый излом



Ступенчатый излом

Удельный вес минералов изменяется в широких пределах и измеряется в граммах на кубический сантиметр (г/см^3). В соответствии с новой физической номенклатурой единицу измерения «удельный вес», указывающую вес вещества на единицу объема, следует заменять единицей измерения «плотность». Плотность — это отношение массы единицы объема вещества к массе того же объема воды. Для точного определения плотности используются специальные лабораторные методы.

Для определения плотности минералов в полевых условиях чаще используется метод «взвешивания» образца на руке. Различают легкие, средние, тяжелые минералы. Минералы с удельным весом ниже 2 считаются легкими (янтарь — около 1), показатели от 2 до 4 — средние (кварц — 2,6–2,7), с удельным весом выше четырех считаются тяжелыми (гематит — 5, касситерит — около 7, самородное золото — от 15,5 до 19,3). Самым тяжелым минералом является осмистый иридий (23).

Прочие свойства

Помимо основных диагностических свойств минералов для их определения надо знать дополнительные свойства, которые кратко описаны ниже (Смольянинов, 1976).

Магнитность — свойственна минералам, содержащим железо, кобальт и никель. Например, минерал магнетит, который является главной рудой на железо, получил свое название именно благодаря ярко выраженным магнитным свойствам. Степень магнитности минерала может быть различной. Для того чтобы зафиксировать слабые проявления магнитных свойств, надо измельчить минерал в порошок и прикоснуться намагниченным лезвием перочинного ножа.

Упругость — способность минерала изменять форму при внешнем воздействии, но обретать ее после устранения нагрузки. Например, если согнуть пластинку слюды, а потом отпустить, она снова выпрямится.

Ковкость — свойство металлов (минералов) поддаваться изменению формы под воздействием ударов молота или прокатом без разрушения. В некоторых случаях ковкость увеличивается при повышении температуры. Ковкостью обладают самородное золото, платина, серебро.

Хрупкость — способность минерала крошиться под давлением. Например, блеклые руды крошатся при резании ножом.

Горючесть и запах. Важные свойства, по которым легко узнать некоторые минералы. Например, арсенопирит, содержащий мышьяк, при ударе издает запах чеснока, сера при горении издает запах сернистого газа. При смачивании водой каолин издает «запах печки». Многие горючие минералы (каустобиолиты) пахнут сами по себе (асфальт, озокерит, нефть).

Растворимость. Способность минералов растворяться в воде. К наиболее растворимым относятся минералы класса хлоридов — галит, сильвин, карналлит и др. Некоторые минералы медленно растворяются в воде в естественных условиях, например кальцит и гипс, растворение которых дождевыми и текучими водами приводит к развитию карста. Этот процесс можно наблюдать прямо в черте г. Уфы, где развитие карста приводит к образованию воронок и пещер.

Вкус ощущается только у растворимых в воде минералов. Например: галит — соленый, сильвин — горьковато-соленый, квасцы — кислые, вяжущие.

Гигроскопичность — это способность увлажняться, поглощая влагу из воздуха. При этом легко растворимые минералы расплываются (галит, карналит), нерастворимые липнут к языку, влажным губам (каолин, кремнезем в виде опоки, трепела, гейзерита).

Электрические свойства некоторых минералов легко проявляются, если их натереть шерстью или кожей. Наэлектризованные таким образом, они притягивают маленькие кусочки бумаги (сера, янтарь). Кварц, турмалин электризуются при нагревании, причем один конец кристалла заряжается положительно, второй отрицательно. При охлаждении знаки меняются.

Люминесценция — свойство минералов светиться под воздействием внешних агентов: при нагревании, царапании, разламывании, освещении и т. д. Различают следующие виды свечения:

— **Флюоресценция** (или собственно люминесценция) это свечение в момент воздействия. Цвет свечения одного и того же минерала может меняться и по окраске, и по силе свечения. Например, алмаз в катодных лучах светится ярко-голубым, реже — красным.

— **Фосфоресценция** — свечение после воздействия. Некоторые разности светятся в темноте, если этому предшествовало облучение солнечным светом. Так же ведет себя флюорит. После нагревания светится апатит, флюорит, барит и др.

— **Термолюминесценция** — свечение при нагревании. Некоторые разности окрашенных флюоритов начинают светиться уже при 60 °С, но при достаточно высоких температурах свечение исчезает.

— **Триболюминесценция** — свечение при механическом воздействии (царапании, разламывании), ее обнаруживают сфалерит, мусковит и др.

Реакция с соляной кислотой. Минералы класса карбонатов легко распознаются по взаимодействию с 10-процентной кислотой. Кальцит бурно вскипает в капле холодной кислоты, а доломит вскипает только в порошке.

Двулучепреломление — это свойство, обусловленное разной скоростью прохождения луча света по различным направлениям в кристалле. Наиболее хорошо выражено у исландского шпата. Изображение, рассматриваемое через кристалл, двоится.

Опалесценция — это млечно-голубоватый перелив (в особенности характерен для обычных опалов), возникающий в результате отражения света, в первую очередь коротковолнового излучения.

Опализация — это радужная игра цветов у благородного опала, меняющаяся с каждым поворотом камня. Причина явления — мелкие шарики кварца, включенные в силикагелевую массу опала, которые вызывают явления отражения и интерференции света. Диаметр такого шарика — 0,1 микрон.

Лабрадоризация — это игра красок среди металлических блестящих пластинок. Часто наблюдаются эффекты синего и зелёного цвета, но можно встретить все цвета спектра. Причиной мерцания служат явления интерференции на тончайших пластинках кристаллов (плоскостях двойникования).

Радиоактивность — явление, открытое в 1886 г. А. Беккерелем, объясняет непрерывное превращение атомов, сопровождаемое большим расходом энергии. Конечные продукты превращений — устойчивые изотопы свинца. Радиоактивность устанавливается по ионизации воздуха с помощью счетчиков Гейгера — Мюллера, являющихся основой радиометров. Урансодержащие минералы, такие как урановая слюдка, урановая смолка, оказывают воздействие на фотопленку. При подозрении на наличие урансодержащих минералов образец кладут в темный ящик на эмульсионный слой пленки. Через некоторое время пленку проявляют. Светлые участки будут соответствовать местоположению урановых минералов.

Штриховка на гранях — является характерным свойством того или иного минерала. Штриховки бывают: поперечная параллельная (кварца); продольная параллельная (турмалин, эпидот); пересекающаяся (магнетит).

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

В основу современной классификации минералов положен их химический состав. Крупнейшим систематическим подразделением является тип. Всего выделяют пять типов: простые вещества, сульфиды и их аналоги, оксиды и гидроксиды, соли кислородных кислот и галогениды.

Тип простых веществ делится на металлы и неметаллы, тип сульфидов — на собственно сульфиды, теллуриды и арсениды. Наибольшее число классов насчитывается в типе солей кислородных кислот. Минералы этого типа классифицируются по комплексным анионам. Более детальное подразделение внутри классов обычно проводят по структурным особенностям минералов (Практическое..., 2007).

В настоящее время известно около 4000 минералов, а вместе с их разновидностями — более 5000. Однако широкое распространение в пределах литосферы Земли имеют всего 400 минералов. Наиболее часто встречающиеся из них, называемые главными породообразующими минералами, рассмотрены в нашем пособии (Булах, 1999; Практическое..., 2007; Костюк и др., 2003; <http://web.ru/db/msg.html?mid=1159819>).

Класс самородных элементов, или простых веществ

Минералы, относимые к классу самородных элементов, сложены атомами одного химического элемента. На сегодняшний день в природе известно более 30 химических элементов, находящихся в самородном состоянии. Самородные элементы, образующие минералы, могут быть представлены металлами, полуметаллами и неметаллами.

Самородное состояние характерно для благородных металлов, а также для меди. Широко известно метеоритное самородное железо и его сплавы с никелем и кобальтом (железные и железокаменные метеориты). Из неметаллических элементов наиболее обычны сера и углерод. Реже встречаются так называемые полуметаллы — мышьяк, сурьма, висмут.

Для самородных элементов характерен полиморфизм (*poly* — *много*, *morphē* — *форма*). Например, углерод может выделяться в виде графита и алмаза. Самородные элементы составляют немногим более 0,1 % общей массы земной коры.

Самородное золото, серебро и другие металлы отличаются сильным металлическим блеском, невысокой твердостью (2–3) и наибольшей из всех известных минералов плотностью (до 21), обусловленной атомной массой элементов. В кристаллах встречаются редко. Обычно находятся в виде зерен, чешуек, дендритов и нитевидных агрегатов. Иногда — как уникальные явления — образуют самородки разных форм и размеров.

Самородные неметаллы имеют неметаллический блеск и небольшую плотность. Твердость колеблется от 1 (у графита) до 10 (у алмаза). Самородные неметаллы встречаются в виде кристаллов, но чаще образуют плотные, чешуйчатые, иногда землистые массы.

Большинство самородных металлов встречаются редко. Среди неметаллов сравнительно широко распространены только графит и сера.

По происхождению самородные элементы связаны в основном с эндогенными процессами — магматическим, гидротермальным, метаморфическим. Самородные серебро и медь иногда образуются в зонах окисления рудных сульфидных месторождений. Промышленные месторождения благородных самородных металлов (золото, платина) могут возникать при формировании россыпей.

Самородные элементы

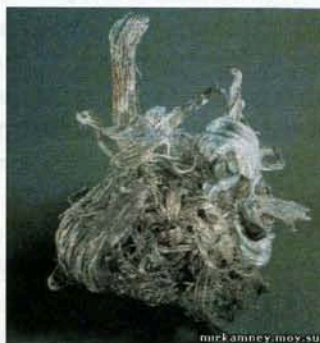
Металлы и полуметаллы		Неметаллы
Железо (Fe)	Медь (Cu)	Углерод (C) (графит, шунгит и алмаз)
Рутений (Ru)	Серебро (Ag)	Мышьяк (As)
Осмий (Os)	Золото (Au)	Сера (S)
Кобальт (Co)	Цинк (Zn)	Селен (Se)
Родий (Rh)	Ртуть (Hg)	Теллур (Te)
Иридий (Ir)	Олово (Sn)	
Никель (Ni)	Свинец (Pb)	
Палладий (Pd)	Сурьма (Sb)	
Платина (Pt)	Висмут (Bi)	

Практическое значение самородных элементов велико. Золото — это главный валютный металл. Серебро и платина используются в ювелирном деле, приборостроении. Алмаз является драгоценным камнем первого класса и широко применяется в технике в качестве сверхтвёрдого материала. Графит и сера — ценное техническое и химическое сырьё.

На фотографиях приведены наиболее распространённые из класса самородных элементов: золото, серебро, медь, сера, графит — алмаз (греч. адамас — *непобедимый*), и графит (греч. графос — *пишу*).



Щетка кристаллов серы (60×40 см)
Остров Сицилия, Италия.
http://geo.web.ru/druza/m-sera_0.htm



Самородное серебро
<http://www.mir-kamnej.ru/metals/argentum.html>



Дендрит самородной меди
<http://dsmitry.ru/Copper>



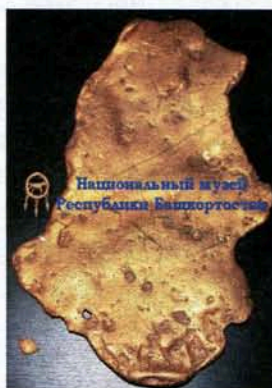
Сера самородная
Водинское месторождение,
Поволжье
<http://mindraw.web.ru/cristall13.htm>



Графит
<http://www.catalogmineralov.ru/sample/7034.html>



Алмаз
<http://www.catalogmineralov.ru/sample/963.html>



Золотой самородок
«Ирендыкский медведь»
<http://museumrb.ru/meropriyatiya/121-1irendyckij-medvedr.html>

Самородок золота весом 4 кг 788 г найден механизатором совхоза «Ирендыкский» Баймакского района Республики Башкортостан Р. И. Утягуловым при вспашке земли в 1992 году у деревни Кусеево.

Деревня находится на восточном отроге Ирландских гор, откуда и название самородка «Ирландский медведь». Самородок был вывернут плугом с глубины около 30 см. Его длина 31 см, ширина 18,5 см и толщина до 1,5 см. По химическому составу представляет собой платинисто-иридиристо-палладистое золото высокой пробы.

Как гласит легенда, этот слиток башкиры передали в 1557 году Ивану Грозному в знак уважения, но по дороге на обоз напали разбойники. Кому-то из стрельцов удалось закопать слиток в землю, где он и пролежал более 400 лет.

При промывке золота в XIX веке старатели не знали ценности платины и платиноидов. Например, в истории известен случай, когда самородок платины размером 1,5 см, найденный на р. Краснохты в Учалинском районе, был использован для изготовления дроби.

Ртуть — постоянный спутник колчеданных руд. При окислении руд ртуть переходит в металлическую форму и концентрируется в верхней части зоны окисления колчеданных месторождений. Например, в «железной шляпе» Учалинского месторождения находили пустоты, заполненные металлической ртутью. Капельки металлической ртути здесь встречали и в верхних слоях почвы.



Класс сульфидов

К классу сульфидов принадлежат минералы — соединения металлов с серой, представляющие особый практический интерес, так как именно они являются главными рудообразующими минералами руд цветных металлов и часто выступают как носители золота. Они обычно образуют плотные сплошные мелко- и крупнокристаллические массы, могут встречаться в виде прожилков, гнезд или отдельных кристаллов.

Сульфиды обладают определенными физическими свойствами, характерными для всех представителей класса. Для них характерна черная или темная черта, металлический блеск, высокая электропроводность. Цвет черты является одним из диагностических признаков сульфидов.

Основная часть сульфидов обладает высокой плотностью (до 8,5 г/см³).

Большинство сульфидов имеет гидротермальное происхождение. Некоторые могут кристаллизоваться из магмы. Иногда они возникают и в результате экзогенных процессов, например в зоне окисления рудных месторождений, а также осадочным путем. Сульфиды обнаружены в метеоритах и образцах лунного грунта. Содержание их в земной коре невелико и составляет около 0,15%.

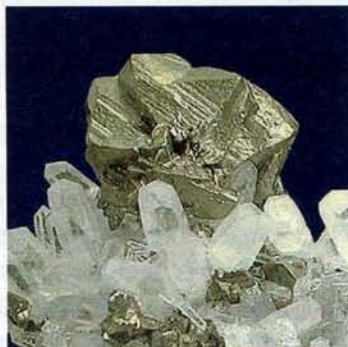
Сульфиды являются главной рудой на медь, свинец, цинк, ртуть и другие цветные металлы. Из них попутно извлекают редкие и рассеянные элементы, а также серу.

Наиболее характерные минералы: пирит, или серный или железный колчедан, FeS₂ — самый распространенный в природе сульфид; халькопирит, или медный колчедан, CuFeS₂ (греч. chalkos — медь и руг — огонь); галенит, или свинцовый блеск, PbS; сфалерит, или цинковая обманка (греч. sphaleros — обманчивый); киноварь (арабск. кинобари — кровь дракона), HgS; аурипигмент (лат. aurum — золото и pigmentum — краска), As₂S₃.



Пирит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/194.html>



Халькопирит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1391.html>



Галенит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/576.html>



Сфалерит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1654.html>



Кинноварь

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/4805.html>



Аурипигмент

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/3944.html>



Соединения с серой в древности называли колчеданами (из прилагательного греч. χαλκηδόνιος от малоазиатского географического названия греч. Χαλκηδών, через ср.-лат. calcedonius, chalcedonius lapis и фр. calcédoine). Этот термин применялся в отношении минералов, содержащих серу, железо, олово, а также медь или мышьяк. Наиболее известен серный или железный колчедан (пирит), который применяют для получения серы и серной кислоты. Известны также мышьяковый колчедан, молибденовый колчедан, мышьяковистый колчедан (минерал лёллингит), никелевый колчедан (минерал хлоантит), применяемые для получения мышьяка, оловянный колчедан (станнин) и медный колчедан (халькопирит) (<http://ru.wikipedia.org/wiki/>).

В Башкортостане медно-колчеданные месторождения распространены в Учалинском, Баймакском, Сибайском и Бурибай-Маканском рудных районах. Рудные тела на 80–95 % сложены пиритом, а также халькопиритом, сфалеритом и реже пирротинном, марказитом, магнетитом, галенитом, борнитом, блеклыми рудами и другими минералами.



Карьер Учалинского медноколчеданного месторождения
Учалинский район РБ. Фото
Г. А. Данукаловой



Халькопирит

Южный Урал. Коллекция
Н. Ф. Данукалова. Фото
Г. А. Данукаловой



Медноколчеданная руда

Учалинское месторождение.
Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото
Г. А. Данукаловой

Класс оксидов и гидроксидов

К классу оксидов и гидроксидов относятся важные и широко распространенные минералы, представляющие собой соединения различных элементов с кислородом О (оксиды) и соединения с кислородом и гидроксильной группой ОН (гидроксиды). В настоящее время известно более 150 минералов этого класса, которые составляют около 17% веса земной коры.

Минералы этого класса подразделяются на две группы: 1) оксиды и гидроксиды кремния (группа кварца) и 2) оксиды и гидроксиды металлов.

Главными по распространенности являются минералы группы кварца (кварц, халцедон, опал), и прежде всего кварц — один из важнейших породообразующих минералов, составляющий по

весу около 12% земной коры и входящий в состав всех генетических типов горных пород. Среди минералов второй группы наиболее распространенными являются оксиды и гидроксиды железа (гематит, магнетит, лимонит), слагающие до 4% земной коры. Из остальных наибольшее значение имеют окислы и гидроокислы алюминия (корунд, минералы бокситов и др.).

В морфологическом отношении оксиды и гидроксиды обладают хорошо выраженной индивидуальностью кристаллов и их агрегатов, что для большинства минералов данного класса является важным диагностическим признаком.

Минералы оксидов, представленные большим разнообразием структур, образуют кристаллы всех морфологических типов — изометричного, удлиненного и уплощенного обликов. Минералы изометричного облика обычно образуют зернистые агрегаты (от крупно- и среднезернистых до мелко- и скрытокристаллических). Для минералов удлиненного облика характерны лучистые и игольчатые агрегаты, а для уплощенных — листовато-чешуйчатые.

Минералы гидроксидов в подавляющем большинстве не образуют различимых, заметных глазом кристаллов и обычно их кристаллические очертания можно установить лишь под электронным микроскопом. Почти всегда они встречаются в виде порошковатых, землистых, натечных и оолитовых агрегатов. Некоторые оксиды встречаются как в виде кристаллов, так и в виде агрегатов.

Окраска оксидов и гидроксидов также характеризуется своими особенностями. Часть этих минералов бесцветна или слабо окрашена и имеет разнообразный неметаллический блеск. Однако подавляющее число минералов, содержащих железо и другие типичные элементы-хромофоры, интенсивно окрашены в темные цвета. Особенно широко распространены черные, буро-черные и ржаво-желтые окраски. В соответствии с этим находятся и металлический или металлоидный (полуметаллический) блеск этих минералов.

Большинство оксидов имеет высокую твердость, обычно больше 5,5. У гидроокислов твердость заметно ниже и колеблется от 1 до 5.

Из других характерных диагностических свойств необходимо отметить магнитность некоторых минералов, наиболее ярко выраженную у магнетита.

Образуются оксиды и гидроксиды при самых разнообразных процессах, как эндогенных, так и экзогенных. Так, например, кварц образуется в результате практически всех процессов, связанных с магматической деятельностью (собственно магматического, пегматитового, гидротермального). Кроме того, кварц возникает в процессе метаморфизма, а также может быть экзогенным, выделяясь, например, в виде друз среди осадочных пород. Именно поэтому кварц является широко распространенным породообразующим минералом магматических, метаморфических и осадочных пород.

Вместе с тем большинство минералов этого класса образуются в результате экзогенных процессов в верхней части литосферы. Многие эндогенные минералы при выветривании разрушаются и переходят в оксиды и гидроксиды как более устойчивые соединения в поверхностных условиях.

Минералы класса имеют важное практическое значение. Многие из них используются как основные руды для получения железа, алюминия и других металлов, как оптическое сырье (кварц), как особо твердые абразивные материалы (корунд). Красиво окрашенные разновидности минералов применяются в ювелирном деле в качестве драгоценных и поделочных камней.

Самые распространенные минералы класса — минералы группы кварца, а также рудные минералы железа и алюминия.

Кварц SiO_2 . По распространенности в земной коре является вторым после силикатных минералов группы полевых шпатов. Формально по химическому составу кварц оксид, однако по структуре близок к каркасным силикатам. Прозрачные и красиво окрашенные разновидности кварца имеют собственные названия: горный хрусталь — водяно-прозрачные кристаллы, обычно хорошо образованные; аметист — фиолетовый; морион — черный. Имеются и другие, более редкие, разновидности: раухтопаз — дымчатый кварц; цитрин — золотисто-желтый кварц и др.

Халцедон SiO_2 . Скрытокристаллическая разновидность кварца. По цвету и рисунку выделяются следующие разновидности: сердолик — красный или оранжевый; агат — концентрически-зональный, различно окрашенный; кремень — темно-серый и др.

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Аморфный минерал. Просвечивающие или слабоокрашенные разности, отличающиеся радужной опалесценцией — игрой цветов разных оттенков голубого, реже красного цвета, называются благородным опалом.

Гематит Fe_2O_3 . (греч. *haima* — *кровь*). Имеет ряд разновидностей. Яснокристаллические агрегаты чешуйчатого строения стального-серого до черного цвета называются железным блеском, скрытокристаллические массы красного цвета — красным железняком. Разновидности железного блеска — железная слюдка, железная роза; красного железняка — натечный гематит, землистый или охристый красный железняк. Во всех случаях характерным признаком гематита, от которого он и получил свое название, является вишнево-красный цвет его черты.

Магнетит, или **магнитный железняк**, $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ или $\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_4$. Наиболее богатый железом оксид.

Лимонит, или **бурый железняк** (греч. *leimōn* — *луг*). Не имеет строго определенного химического состава — представляет собой смесь различных гидроокислов железа и глинистых частиц, соотношения которых непостоянны.

Корунд Al_2O_3 . Самый твердый после алмаза минерал. Благородные разновидности кроваво-красного цвета называются рубином, синего — сапфиром; темная мелкозернистая корундовая порода — наждак.



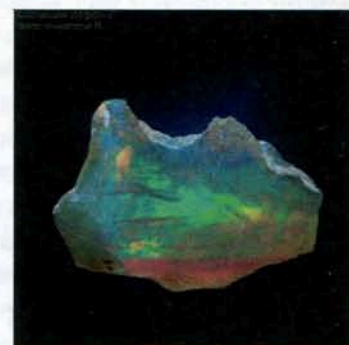
Кварц

Коллекция и фото Г. А. Данукаловой



Халцедон

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/4533.html>



Опал

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/5976.html>



Гематит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1972.html>



Магнетит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/911.html>



Корунд

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/6933.html>

Коллекцию минералов этого класса можно собрать в ходе специальных полевых работ или просто в туристическом походе по Башкортостану.

Так, в Белорецком районе Башкортостана расположен ряд замечательных месторождений горного хрусталя, доступных для посещения. Любой, кто побывает на них, обязательно увезет с собой красивейшую друзу или прозрачный кристаллик. Подробнее об этих месторождениях вы можете узнать на сайте http://insminerals2005.narod.ru/Galer_Beloretsk.htm.



Друзы горного хрусталя

Месторождения хрусталя в Белорецком районе РБ, Южный Урал.

Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой

Месторождение в окрестностях
д. Суондуково Белорецкого района РБ
[http://insminerals2005.narod.ru/Galer_](http://insminerals2005.narod.ru/Galer_Beloretsk.htm)
[Beloretsk.htm](http://insminerals2005.narod.ru/Galer_Beloretsk.htm)



Недалеко от деревни Ургуново Учалинского района РБ. в реликтовом лиственничном лесу расположено Западно-Ургунское проявление медно-магнетитовых руд. Слово «ургун», с угорского языка переводится как «медь». Здесь среди массивов серпентинитов встречаются небольшие прожилки магнетита, обогащенного никелем и хромом. Найти такой образец нелегко, а определить его можно по отклонению стрелки компаса, указывающей на то, что в породе находится минерал, обладающий магнитными свойствами. Копи носят название Ордынских. Изготовленная природой легированная сталь издревле использовалась дляковки оружия. Возможно, это одна из знаменитых «чудских копей» бронзового века?



Магнетит в серпентините

Западно-Ургунское проявление медно-магнетитовых руд, Учалинский район РБ.

Коллекция и фото Г. А. Данукаловой

На Южном Урале известно много месторождений хромитов, приуроченных к ультраосновным массивам (например, массив Крака в Белорецком районе РБ). Прекрасную коллекцию хромитовых руд можно собрать на небольшой территории в окрестностях озера Калкан. «Нодулярные» хромиты встречаются на Ушковском проявлении, описанном еще А. Н. Заварицким. Нодулярные — значит узловатые (nodularis): это текстура, характеризующаяся наличием округлых выделений (нодулей) хромита, заключенных в массе дунита. Массивные хромиты, представляющие собой почти сплошные руды и вкрапленные руды (в которых зерна хромита вкраплены в породе) встречаются по долине ручья Алкашай. Здесь же можно найти хромитовую гальку, окатанную в древнем русле реки Урал. На хромитах месторождений Гафар-туш и Мансуровское часто встречаются примазки и мелкие кристаллики уваровита — зеленого граната.

На берегу озера Большие Учалы в выветрелых светло-бурых дацитах можно встретить кристаллы псевдоморфоз лимонита по пириту размером до 1–5 см.

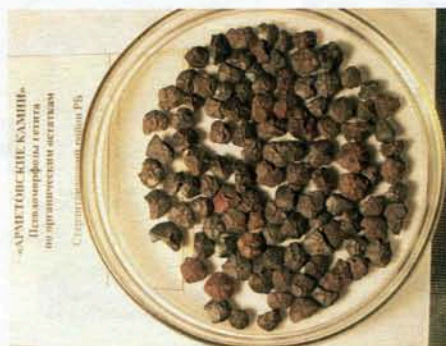
У нас в республике есть интереснейший объект для изучения — загадка природы, которую еще предстоит решить вам, юные читатели. Согласно историческим справкам, в начале XIX века близ деревни Арметово средь бела дня налетела грозовая туча, и пошел град, величиной с куриное яйцо. После того как градины растаяли, люди стали находить странные плоские камушки с четко выраженным крестом посередине. Всех охватил суеверный страх, и только староста деревни проявил смекалку и, набрав целую шапку камней, отправил в Москву. Так в историю эти камни и вошли под названием «арметовские камни». Их

изучали видные ученые Европы и России, даже Владимир Иванович Вернадский интересовался этими образцами. Было сделано множество анализов, но ученые так и не пришли к единому мнению, каково происхождение «арметовских камней», земное или метеоритное. По мнению известного минералога Феодосия Феодосиевича Чебаевского, это псевдоморфозы гетита по органическим остаткам. Ученый-геолог Валерий Михайлович Горожанин в результате рентгеноструктурного анализа определил, что это минерал лепидокрокит, окисел железа, который, вероятно, мог образоваться из обломков метеорита в результате продолжительного выветривания после падения в районе города Стерлитамака.



«Нодулярные» хромиты
Ушиковское проявление хромитов, Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой

Карьер на месторождении хромитов
Калкановское 2
«Екатерининские выработки»,
Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой



«Арметовские камни»
Коллекция Ф. Ф. Чебаевского. Геологический музей РБ. Фото Г. А. Данукаловой

Лимонит, гетит и другие разновидности руд присутствуют в «железных шляпах» (коры выветривания) многих месторождений на Южном Урале — например, Туканского и других.



Гематит

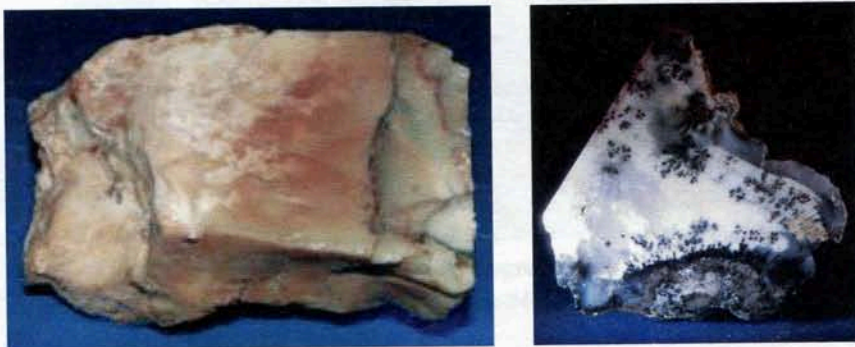
Кора выветривания месторождения коренного
золота. Муртыкты, Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой



Лимонит

Зона окисления. Медноколчеданное месторождение
им. XIX партсъезда, Челябинская область.
Фото Г. А. Данукаловой

Опал зеленовато-желтый, желтый, с черными дендритами встречается в коре выветривания ультраосновных пород многих месторождений на Южном Урале и в Мугоджарах. Например, его можно найти в отвалах горных выработок Вознесенского золоторудного месторождения в окрестностях деревни Калканово.



Опалы

Мугоджары. Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой

Класс галогенидов

К классу галоидных соединений, или галоидов, относятся около 100 минералов, представляющих собой соединения металлов с галогенами — фтором (F), хлором (Cl) и гораздо реже бромом (Br) и йодом (I) — фториды, хлориды и др. Главное значение из металлов в этих соединениях имеют натрий (Na), калий (K), магний (Mg), кальций (Ca) и некоторые другие.

Роль галоидов как породообразующих минералов невелика: широкое распространение имеют лишь хлориды и отдельные фториды, но они важны в общегеологическом и практическом отношении. Хлориды образуют мощные соленосные толщи в виде осадочных пород и являются ценным химическим и агрономическим сырьем. Фториды используются преимущественно в металлургической промышленности.

Галоиды, за редким исключением, встречаются в виде изометричных кристаллов и кристаллически-зернистых агрегатов.

Минералы в основном бесцветные, и лишь содержащие примеси окрашены в различные цвета, обычно светлые. Большая часть галоидов прозрачна или просвечивает, имеет стеклянный блеск, низкую твердость и небольшую плотность. Обычна совершенная спайность. Хлориды легко растворимы в воде и поэтому имеют вкус.

Хлориды образуются главным образом в осадочных процессах при испарении вод поверхностных бассейнов. Преобладающая связь хлоридов с осадочными процессами объясняется тем, что около 75% всего хлора земной коры сосредоточено в океанической воде.

Фториды связаны в основном с эндогенными процессами.

Основные минералы класса: галит, или каменная соль, NaCl, сильвин KCl, из фторидов — флюорит, или плавиковый шпат (лат. fluor — *поток*), CaF₂.



Сильвин

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/5108.html>



Галит

Республика Башкортостан.
Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой



Флюорит

Республика Башкортостан.
Коллекция и фото Г. А. Данукаловой



Флюорит в рудном отвале Суранского месторождения
Южный Урал. Фото Л. Н. Белан

В Белорецком районе РБ находится уникальное месторождение плавикового шпата — Суранское, расположенное в низовьях левого притока реки Большой Инзер, в 50 км к Западу от города Белорецка. Сплошные и густовкрапленные руды флюорита развиты в зоне Суранского разлома, на контакте карбонатного и сланцевого ритмов суранской свиты рифея. По качеству плавиковый шпат месторождения может конкурировать с монгольским и казахстанским. Особенностью минералогического состава месторождения является высокое содержание селлаита (по фам. итальянского минералога Сэллы) — очень редкого минерала MgF_2 , синтезируемого за рубежом для нужд оптической промышленности. Этот минерал станет ценным экспонатом любого музея и вашей коллекции.



Класс карбонатов

Минералы класса карбонатов являются природными солями угольной кислоты (H_2CO_3) и представляют собой соединения кальция, магния, железа, меди с кислотным радикалом $[CO_3]^{2-}$.

Всего в этом классе известно около 100 минералов, которые составляют до 1,7% веса земной коры. Некоторые из них очень широко распространены в природе. Особенно это относится к кальциту и доломиту, нередко образующих в земной коре мощные толщи в виде мономинеральных осадочных пород (известняки, доломиты и др.). Из остальных наиболее широкое значение имеют магнезит и сидерит.

Карбонаты обычно встречаются в виде массивных, кристаллически-зернистых и натечных агрегатов, а также в виде кристаллов разной формы.

Наиболее характерная форма кристаллов — ромбоэдр. Хорошо образованные кристаллы иногда достигают значительных размеров (до нескольких десятков сантиметров).

Большинство минералов этого класса бесцветны или имеют белый цвет. Окраска карбонатов определяется в основном присутствием в их составе элементов-хромофоров, а также изоморфных и механических примесей. Например, карбонаты меди имеют зеленую (малахит) или синюю окраску. Бесцветный или белый в чистом виде кальцит приобретает розоватую окраску от изоморфных примесей марганца, а при загрязнении другими минералами-примесями — зеленую (от включений хлорита или актинолита), красную (от включений гематита), темно-серую или черную (от включений битуминозных веществ).

Карбонаты имеют низкую твердость (3–4,5), совершенную спайность в трех направлениях (по ромбоэдру) и обычно небольшую плотность. У большинства минералов блеск стеклянный и иногда (на плоскостях спайности) перламутровый.

В целом, широко распространенные карбонаты имеют очень сходные внешние признаки. Для их диагностики издавна используется характер (интенсивность) реакции с соляной кислотой (HCl). Кальцит реагирует бурно — «вскипает» (даже с разбавленной HCl); доломит реагирует слабо, только в порошке; магнезит и сидерит — при действии нагретой HCl, при этом у сидерита капля холодной HCl желтеет (от образования хлорного железа). Образование карбонатов связано главным образом с поверхностными химическими и биогенными процессами (химические и органогенные осадки), а также с метаморфическими и гидротермальными.



Кальцит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/565.html>



Доломит

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/>
<http://www.stone-valley.ru/info/dolomite/>



Магнезит

Курьябинское тальковое месторождение. Фото Л. Н. Белан



Сидерит

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/711.html>



Малахит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/190.html>



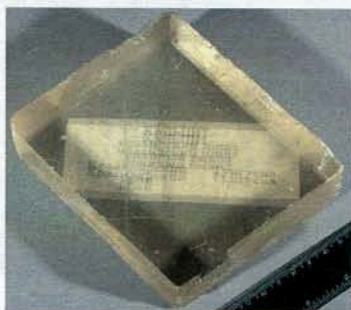
Азурит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/4413.html>

Карбонаты — важнейшие неметаллические полезные ископаемые. Строительные материалы — известняк, мрамор, доломит; огнеупорное и оптическое сырье — магнезит, оптический кальцит; декоративные и поделочные камни — малахит, кальцит. Кроме того, карбонаты — ценные руды на железо (сидерит), медь и другие металлы.

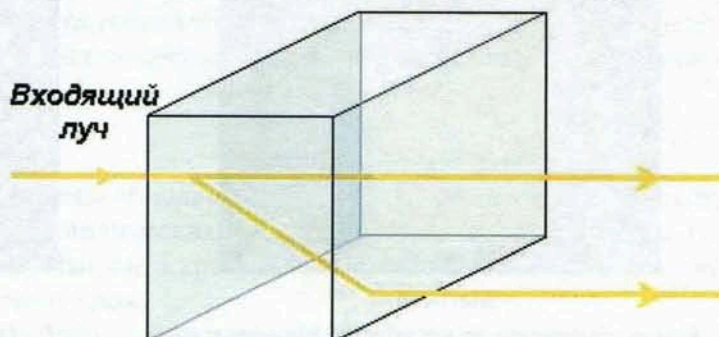
Наиболее распространенные минералы класса: кальцит, или известковый шпат, $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ — породообразующий минерал, участвующий в строении как осадочных, так и метаморфических пород. Прозрачная бесцветная разновидность кальцита называется исландским шпатом или оптическим кальцитом. Для него характерно сильное двулучепреломление (проявляющееся, например, в отчетливом раздвоении изображения); доломит, или горький шпат, $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ — широко распространенный минерал; магнезит $\text{Mg}[\text{CO}_3]$; сидерит, или железный шпат, $\text{Fe}[\text{CO}_3]$ (греч. *sidēros* — *железо*); малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ и азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ — ценные (и теперь очень редкие) поделочные камни.

Двулучепреломление характерно для прозрачных кристаллов кальцита (исландского шпата). Если положить кристалл на лист бумаги с текстом, видно, что запись двоится. Проходящий через кристалл луч света распадается на два, один из которых движется быстрее, а другой медленнее. Поэтому мы видим два изображения.



Кристалл исландского шпата

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_5.htm





На Южном Урале есть озеро, овеянное легендами и тайнами. Его старинное название Ворожеич говорит само за себя. Поговаривают, что в озере водятся мистические чудища. Правда, на карте оно значится как озеро Карагайлы. В окрестностях озера расположена д. Вознесенка, знаменитая старинным храмом. Прямо в черте деревни на горке с местным названием Шахтенная с 1755 года добывались медно-порфиновые руды. В зоне окисления медных руд можно встретить много интересных минералов — почки зеленого бархатистого малахита, примазки и кристаллики ярко-синего азурита, прожилки изумрудно-зеленой хризоколлы...



Озеро Ворожеич (Карагайлы)
Фото Г. А. Данукаловой



Заброшенная штольня у подножья г. Шахтенная
Фото Л. Н. Белан



Прожилки хризоколлы
в окисленных медно-порфиновых рудах
*Вознесенское медно-порфировое месторождение,
Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан*



Примазки малахита и азурита
в окисленных медно-порфиновых рудах
*Вознесенское медно-порфировое месторождение,
Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан*

Удивительные музейные образцы магнетита в виде молочно-белых кристаллов встречаются в карьере Пугачевского месторождения талька. Аморфный ослепительно-белый магнетит с раковистым изломом можно найти в жилах среди ультрабазитов, которые были вскрыты выработками на склонах горы Калкантау. Возможно, магнетит здесь добывали для изготовления поделок — он прекрасно обрабатывается и полируется! Такая находка обязательно украсит вашу коллекцию.



Магнетит
*Карьер Пугачевского месторождения талька.
Фото Г. А. Данукаловой*



Магнетит
Гора Калкантау. Фото Г. А. Данукаловой

Класс сульфатов

Сульфаты, хроматы, молибдаты и вольфраматы

Сульфаты являются солями серной кислоты (H_2SO_4) и представляют собой в основном соединения натрия, калия, кальция, магния, бария и некоторых других металлов с кислотным радикалом $[SO_4]^{2-}$.

К этому классу относится более 150 минералов, которые составляют 0,1 % веса земной коры. Хотя минералы данного класса образуют довольно многочисленную группу, число устойчивых и широко распространенных в природе сульфатов сравнительно невелико.

Сульфаты встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, а также волокнистых, лучистых, землистых и зернистых агрегатов. Кристаллы в основном таблитчатые, близкие к изометричным. Нередко образуют друзы и щетки.

Большинство сульфатов бесцветны, но из-за присутствия механических примесей часто окрашены в различные цвета. Сульфаты характеризуются низкой твердостью и обычно небольшой плотностью (2–3). Исключение составляет барит, имеющий наиболее высокую среди светлых минералов плотность (4,5). Многие из сульфатов растворимы в воде. По внешним признакам они напоминают минералы, входящие в класс карбонатов. В отличие от последних они не реагируют с соляной кислотой.

Основная масса сульфатов — это экзогенные минералы осадочного происхождения (химические морские и озерные осадки), реже продукты окисления сульфидов и вулканической деятельности. Исключение составляет барит гидротермального происхождения.

Сульфаты используются в производстве вяжущих строительных материалов, химической промышленности, медицине и как поделочные камни.

Наиболее распространенные минералы класса: ангидрит $Ca[SO_4]$ — типичный минерал хемогенных осадков. Среди осадочных пород образует пласты разной мощности (иногда до 1000 м), ассоциирует в них с гипсом, галитом. Ангидрит, поглощая воду, переходит в гипс, или легкий шпат, $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$, барит, или тяжелый шпат, $Ba[SO_4]$ (греч. *barys* — *тяжелый*).



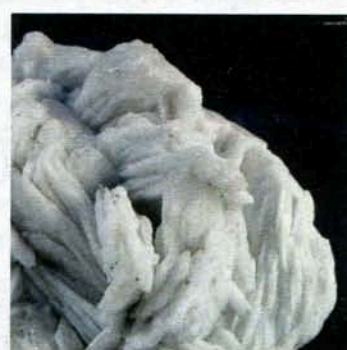
Ангидрит

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/133.html>



Гипс

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/3922.html>



Барит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/3028.html>



На территории Западной Башкирии распространены кунгурские отложения (пермская система), среди которых в окрестностях города Уфы встречается несколько разновидностей гипса — прозрачный пластинчатый (марьино стекло), мелкозернистый (алебастр), волокнистый (селенит), шайтанит.

Хроматы — представители солей ортохромовой кислоты (H_2CrO_4) — очень редки. Они встречаются в зонах окисления некоторых полиметаллических месторождений, классическим из которых является Березовское на Среднем Урале. Именно в хромате из этого месторождения — крокоите — в 1797 г. был открыт химический элемент хром.

Большинство **молибдатов** — солей молибденовой кислоты (H_2MoO_4) — являются гипергенными минералами, образующимися в зонах железных шляп рудных месторождений в результате окис-

ления молибденита. Наиболее распространенные молибдаты (вульфенит, ферримолибдит) имеют важное поисковое значение.



Гипс «марьино стекло»

Коллекция и фото Г. А. Данукаловой



Гипс селенит

Коллекция Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой



Гипс «шайтанит»

Коллекция Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой

Вольфраматы — соли вольфрамовой кислоты (H_2WO_4) — в природе немногочисленны. Однако в рассматриваемый подкласс входят два промышленно важных рудных минерала — вольфрамит и шеелит, имеющих глубинное происхождение.

Фосфаты, арсенаты и ванадаты

В природе установлено более 450 минеральных видов, принадлежащих солям ортофосфорной (H_3PO_4), мышьяковой (H_3AsO_4) и ванадиевой (H_3VO_4) кислот. Распространенность этих минералов в земной коре относительно невелика и составляет около 0,7% по массе.

Среди фосфатов наиболее распространен апатит, для арсенатов и ванадатов характерны соединения со свинцом — миметезит, ванадинит.

Представители группы имеют в большинстве случаев гипергенное происхождение — образуются в близповерхностных условиях в результате разложения органических остатков (фосфаты), окисления мышьяковых соединений (арсенаты) и за счет рассеянного в осадочных породах ванадия (ванадаты). Некоторые фосфаты образуются магматическим путем. Наибольшее распространение и значение получили фосфаты, а среди последних — апатит. Он встречается во многих типах магматических и метаморфических пород и используется как сырье для производства фосфорных удобрений.

Апатит $Ca_5[PO_4]_2(F, Cl, OH)$ (греч. *apatē* — *заблуждение*). Встречается почти во всех типах горных пород, но в виде одиночных мелких кристаллов и зерен.

В промышленных концентрациях апатит встречается в щелочных магматических породах, являясь совместно с нефелином одним из главных породообразующих минералов (в нефелиновых сиенитах). Здесь он образует частую вкрапленность зерен и почти сплошные зернистые сахаровидные массы, где содержание апатита достигает 80%.

В осадочных горных породах апатит слагает конкреции, желваки и землистые массы. Обычно содержит примеси песчаных и глинистых частиц, представляя собой, по существу, породу. Такие горные породы называются фосфоритами. Их происхождение биогенное — в результате жизнедеятельности организмов. Нередки псевдоморфозы фосфоритов по ископаемым остаткам.

Апатит и фосфориты широко используются для производства фосфорных удобрений, в химической промышленности.



Апатит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/4072.html>

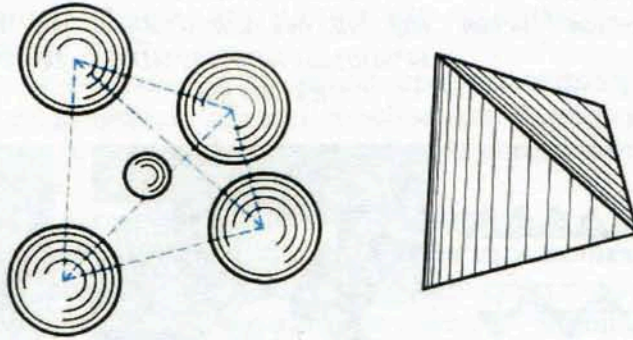


Фосфорит

http://geo.web.ru/druza/m-phosph_6_7951.JPG

Класс силикатов

В класс силикатов входят наиболее важные и широко распространенные в земной коре породообразующие минералы. Они участвуют в строении всех типов горных пород, особенно магматических и метаморфических, реже осадочных. Около 30% всех известных в настоящее время минералов относится к этому классу. В целом, силикаты слагают свыше 70% массы земной коры. При этом самыми распространенными являются минералы группы полевых шпатов, на долю которых приходится 55%. За ними по распространенности следуют пироксены и амфиболы — их общее количество в земной коре достигает 16%, а также слюды (4%).



Строение кремнекислородного тетраэдра
http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm

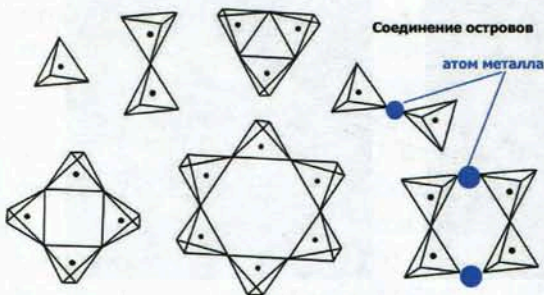
Минералы класса силикатов имеют сложный химический состав и внутреннее строение. Главными химическими элементами силикатов являются кислород и кремний — входящие в состав ядра (или радикала) их кристаллической структуры, а также железо, кальций, магний, натрий, калий, водород в виде гидроксила или воды и др.

Важна в силикатах и роль алюминия — третьего по распространенности (после кислорода и кремния) элемента земной коры.

Ядром кристаллической структуры силикатов, образующим основу их внутреннего строения, является кремнекислородный тетраэдр. В центре тетраэдра находится атом кремния (Si^{4+}), а в вершинах — атомы кислорода (O^{2-}), образующие в совокупности комплексный радикал $[\text{SiO}_4]^{4-}$.

В кремнекислородных тетраэдрах кремний может частично замещаться алюминием. Поэтому минералы с кремнекислородными тетраэдрами называются просто силикатами, а с алюмокремнекислородными — алюмосиликатами. Кремне- и алюмокремнекислородные тетраэдры могут быть обособлены или соединяться друг с другом через вершины (через атомы кислорода).

Разная геометрия тетраэдров предопределяет разнообразие структур силикатов и лежит в основе их современной классификации.



Оливин (островной)

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1823.html>

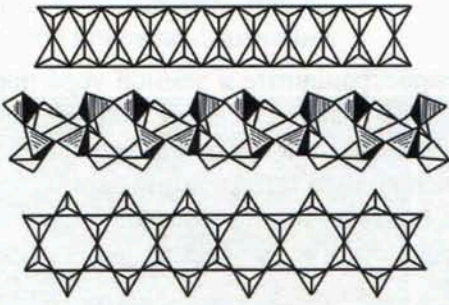


Изумруд (кольцевой)

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1114.html>

Строение островных и кольцевых силикатов

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm



Строение ленточных силикатов

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm



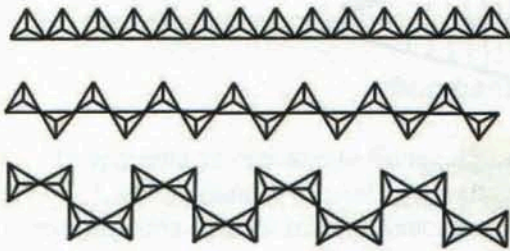
Роговая обманка

<http://wiki.web.ru/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Hbl.jpg>



Актинолит

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:11_Actinolite_\(AUT\).jpg](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:11_Actinolite_(AUT).jpg)



Строение цепочечных силикатов

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm



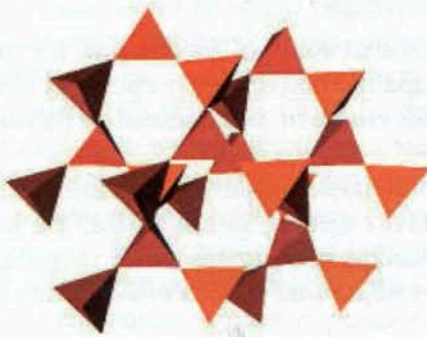
Авгит

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/118.html>



Диопсид

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/37.html>



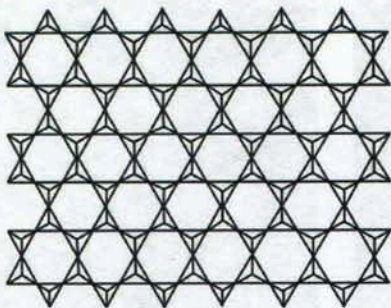
Строение каркасных силикатов

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm



Ортоклаз

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/738.html>



Строение слоистых силикатов

http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm



Слюда

<http://www.math.msu.su/~apentus/znaete/images/slyuda.jpg>



Тальк

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/5194.html>

Выделяют следующие структурные типы (подклассы) силикатов:

1. **Островные** силикаты, состоят из изолированных кремнекислородных тетраэдров. Радикал структуры $[\text{SiO}_4]^+$, сюда же относятся силикаты со сдвоенными тетраэдрами с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_7]^6-$.

2. **Кольцевые** силикаты, структура которых представлена изолированными кольцами из трех, четырех или шести кремнекислородных тетраэдров. Наиболее распространены кольца из шести тетраэдров с радикалом $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$.

3. **Цепочечные** силикаты, характеризуются тем, что тетраэдры соединяются в непрерывные изолированные цепочки с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_6]^4-$.

4. **Ленточные** силикаты — кремнекислородные тетраэдры соединяются в непрерывные обособленные ленты (сдвоенные цепочки). Радикал структуры $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^6-$.

5. **Листовые (слоистые)** силикаты, ленты тетраэдров соединяются в виде одного непрерывного листа или слоя. Радикал $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^4-$.

6. **Каркасные** силикаты — алюмо- и кремнекислородные тетраэдры соединяются всеми четырьмя вершинами, образуя непрерывный трехмерный каркас. Радикал $[\text{Si}_n\text{O}_{2n}]$, $[\text{Al}_m\text{Si}_n\text{O}_{2m+n}]^{m-}$.

Внутренняя структура и химический состав силикатов определяют морфологию кристаллов и тип минеральных агрегатов.

Минералы островных силикатов с компактной структурой, как правило, образуют изометричные кристаллы. Особенно изометричны кристаллы каркасных силикатов. Кольцевые силикаты (скрепленные кольца — колонки) имеют столбчатую форму кристаллов. Минералы с линейно вытянутыми структурами — цепочечные и ленточные силикаты — обычно образуют удлиненные кристаллы, соответственно, у ленточных они более уплощенные; слоистые силикаты имеют листоватый облик кристаллов.

Островные и каркасные силикаты обычно образуют зернистые агрегаты; кольцевые — шестоватые, радиально-лучистые; цепочечные и ленточные — игольчатые, лучистые; для слоистых силикатов характерны пластинчатые и чешуйчатые агрегаты.

Островные и кольцевые силикаты отличаются самой высокой твердостью (6–8). Твердость незначительно снижается при переходе от островных и кольцевых силикатов к цепочечным и ленточным, а также каркасным, для которых она равна в среднем 5–7. Еще больше она снижается в силикатах слоистого типа (2–3), доходя до 1.

Цвет силикатов разнообразный и зависит в основном от наличия в минерале элементов-хромофоров (железа, марганца, хрома и др.). В присутствии двухвалентного железа минералы приобретают зеленую окраску разной интенсивности. При наличии в минерале одновременно двух- и трехвалентного железа (в разных их соотношениях) цвет меняется от зеленого до коричневого и черного. Окрашенные марганцем минералы имеют малиново-красный цвет и т. д. Без хромофоров цвет силикатов белый, серый.

Силикаты с высокой твердостью черты не дают — они царапают бисквитную пластинку. Силикаты с низкой твердостью, главным образом листовые силикаты, дают белую или слабоокрашенную (обычно зеленую или коричневую) черту.

Спайность наиболее хорошо выражена в листовых силикатах. Слои (листы) тетраэдров являются очень прочными, а связь их друг с другом менее прочная, что и обуславливает их весьма совершенную спайность в одном направлении, параллельном слоям структуры. Цепочечные и ленточные силикаты обладают хорошо выраженной спайностью в двух направлениях вдоль длинной оси структуры. Хорошо проявлена спайность по двум направлениям в каркасных силикатах. В островных и кольцевых силикатах спайность несовершенная.

Среди силикатов преобладают минералы с низкой плотностью. Являясь главными породообразующими минералами, силикаты определяют низкую плотность горных пород и земной коры в целом равной в среднем около 2,8. Силикаты с высокой плотностью встречаются редко и в основном представлены островными силикатами с наиболее плотной структурой и содержанием тяжелых атомов.

Происхождение силикатов связано, главным образом, с эндогенными процессами, в основном с магматическими, реже — с метаморфическими и экзогенными. Силикаты экзогенного происхождения представляют собой обычно продукты выветривания или изменения первичных (эндогенных) минералов.

Силикаты как главные породообразующие минералы имеют и важное практическое значение. Силикаты — ценные неметаллические полезные ископаемые (керамическое и огнеупорное сырье;

строительные, тепло- и электроизоляционные материалы). Они также являются рудами на рассеянные элементы и редкие земли. Прозрачные и красиво окрашенные силикаты издавна используются в качестве драгоценных и поделочных камней.

Ниже рассматриваются в составе подклассов силикатов важнейшие породообразующие и наиболее характерные минералы и группы минералов силикатов.

Островные силикаты

Среди силикатов это наиболее многочисленный подкласс минералов. Химический состав их весьма разнообразный — большей частью это силикаты железа, магния, кальция и алюминия. К числу породообразующих и наиболее широко распространенных минералов относятся: оливин, гранаты, эпидот и некоторые другие.

Оливин, или перидот, $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$. Является наиболее распространенным минералом изоморфного ряда форстерит $Mg_2[SiO_4]$ — фаялит $Fe_2[SiO_4]$. Название происходит от оливково-зеленого цвета минерала. Прозрачная желто-зеленая разновидность оливина носит название хризолит и является драгоценным камнем.

Гранаты (лат. granum — зерно). Это обширная группа минералов (представляющих собой смесь двух изоморфных рядов) с общей формой $R_3^{2+}R_2^{3+}[SiO_4]_3$, где R_1^{2+} — двухвалентные Ca, Mg, Mn, Fe, а R_2^{3+} — трехвалентные Al, Fe, Cr.

Известно несколько разновидностей гранатов, из которых самым распространенным является алмадин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ — красно-коричневый, фиолетовый. Реже встречаются пироп — темно-красный (характерен для алмазоносных пород-кимберлитов), гроссуляр — светло-зеленый, уваровит — изумрудно-зеленый и др. Прозрачные красные и зеленые гранаты используются как драгоценные камни.

Разновидности гранатов



Уваровит

<http://www.catalogmineralov.ru/19.html>



Пироп

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:1granat,_Madagaskar.JPG



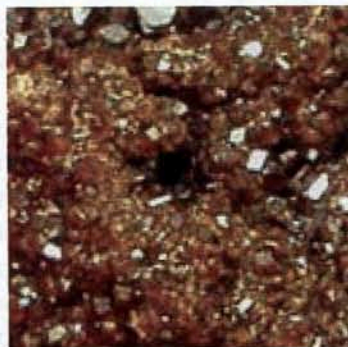
Альмадин

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1051.html>



Гроссуляр

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1058.html>



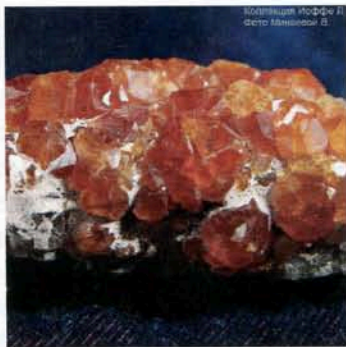
Андрадит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/165.html>



Демантоид

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/5590.html>



Спессартин

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/3033.html>



Гиацинт

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/173.html>

Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Fe, Al})\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$ отличается своеобразным желто-зеленым цветом (фисташково-зеленым, шпинатно-зеленым) и средней спайностью.

Кольцевые силикаты

Подкласс кольцевых силикатов включает небольшое число редких в природе минералов. Типичные представители — турмалин и берилл.

Турмалин — $\text{Na}(\text{Fe, Mg, Li, Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH, F})_4$. Существует несколько разновидностей турмалинов: наиболее распространены шерл — черный турмалин по составу железистый и рубеллит — розовый (литиевый, марганцевый) и др. Очень характерны многоцветные турмалины с зональной полихромной окраской. Розовый турмалин рубеллит (сибирский рубин) является драгоценным камнем.

Цепочечные и ленточные силикаты

К цепочным и ленточным силикатам относятся важные породообразующие минералы, составляющие группу пироксенов и группу амфиболов. Они имеют сходный химический состав — чаще всего это силикаты кальция, магния и железа. По форме их кристаллы похожи. Они близки по физическим свойствам. Основное отличие состоит в том, что пироксены образуют относительно короткие призматические кристаллы и углы между направлениями спайности у них составляют 87° (93°). Минералам группы амфиболов свойственны более удлиненные призматические формы, часто игольчатые или волокнистые, и плоскости спайности располагаются под углом 124° (56°) друг к другу. Последним, в частности, объясняется почти квадратная форма поперечного сечения кристаллов у пироксенов и ромбовидная или шестигранная у амфиболов. Кроме того, у амфиболов блеск значительно сильнее и спайность проявлена лучше.

В группе **пироксенов** основные минералы: *гиперстен* $(\text{MgFe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и *диопсид* $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

В группе **амфиболов**: *актинолит*, или лучистый камень, $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (греч. *aktis* — луч и *lithos* — камень). Плотная скрытокристаллическая разновидность, сложенная переплетающимися иголочками актинолита, называется нефритом и является ценным поделочным камнем. *Роговая обманка* $(\text{Na, K})_{0-1}(\text{Ca, Na})_2(\text{Mg, Fe, Al})_5[(\text{Si, Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH, F, Cl, O})$ весьма распространенный минерал. Химический состав сложный и непостоянный. По свойствам близок к гиперстену. Отличается формой кристаллов и взаимным расположением плоскостей спайности. Наиболее часто встречающейся разновидностью является обыкновенная роговая обманка темно-зеленого цвета.

Листовые (слоистые) силикаты

К листовым силикатам и алюмосиликатам относится большое количество минералов, многие из которых являются породообразующими — слюды, глинистые минералы, хлориты и др.

В большинстве случаев минералы с листовыми радикалами — это силикаты и алюмосиликаты магния и алюминия. Кроме того, для всех минералов характерно присутствие гидроксиль-

ной группы OH и нередко H₂O. Из-за некомпактности кристаллических структур и слабых связей между слоями лишь редкие минералы листовых силикатов и алюмосиликатов встречаются в крупных и хорошо ограненных кристаллах. Явно распознаваемые совершенные кристаллы обычно образуют слюды, реже хлориты. Очень часто кристаллы минералов исключительно малы по размерам и образуют тонкодисперсные (скрытокристаллические) плотные и рыхлые агрегаты. Соответственно, характерная для минералов этого подкласса силикатов весьма совершенная спайность в одном направлении (параллельно слоям структуры), макроскопически не всегда устанавливается.

Слюды включают большую группу распространенных минералов, объединяемых общностью ряда внешних признаков. Они имеют листоватую, чешуйчатую форму кристаллов и отчетливо выраженную весьма совершенную спайность. Слюды являются составной частью многих магматических и метаморфических пород. Наиболее распространенные минералы слюд: **биотит** K(Fe, Mg)₃[AlSi₃O₁₀](OH, F)₂ и **мушковит** KAl₂[AlSi₃O₁₀](OH, F). Название последнего происходит от Московского государства (Московии). Мелкочешуйчатая разновидность мушковита носит название серицит.

Глинистые минералы — большая группа важных породообразующих минералов ряда осадочных и метаморфических пород (глин, мергелей, глинистых сланцев и др.); слагают основную часть кор выветривания, почв. Минералы глин образуют тонкодисперсные плотные землистые и рыхлые порошковатые агрегаты. Уверенно диагностируются лишь специальными методами, в том числе рентгеноструктурным и электронной микроскопии.

Наиболее типичные минералы глин: **каолинит** Al₄[Si₄O₁₀](OH)₈, **монтмориллонит**, **иллит**.

Хлориты (греч. chlōros — *зеленый*). К хлоритам относится большая группа слюдopodobных минералов сложного состава. Они широко распространены в природе и часто являются главными породообразующими минералами метаморфических пород. Хлориты — алюмосиликаты магния и железа. В соответствии с составом и структурными особенностями выделяются магниезиальные и железистые хлориты, различимые только специальными методами диагностики.

Тальк Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂ — магниезиальный листовый силикат. Синонимы: жировик, тальковый (мыльный) камень и т. п.

Серпентин, или змеевик, Mg₆[Si₄O₁₀](OH)₈ (лат. serpens — *змеиный*). Название минерала дано по его часто пятнистой окраске, напоминающей цвет змеиной кожи. Имеет ряд разновидностей. Тонко волокнистая разновидность серпентина называется хризотил-асбестом (греч. chrysos + tilos — *золотое волокно*, asbestos — *негорючий*).

Глауконит K(Fe, Al, Mg)₃(OH)₂[AlSi₃O₁₀]·H₂O. Водный алюмосиликат: содержит до 10% воды. Относится к группе гидрослюд, являющихся промежуточными образованиями между слюдами и глинистыми минералами.

Каркасные силикаты

Каркасные силикаты объединяют наиболее важные и широко распространенные породообразующие минералы. Особое место среди них занимают минералы группы полевых шпатов, составляющие, как указывалось выше, более половины всей массы земной коры.

Полевые шпаты являются главными породообразующими минералами большинства магматических, многих метаморфических и некоторых осадочных горных пород. К числу породообразующих относятся и минералы группы фельдшпатоидов (щелочные магматические породы).

Полевые шпаты. По химическому составу полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты калия, натрия и кальция. Кристаллы призматического облика часто более или менее изометричны. Минералы имеют довольно высокую твердость (6–6,5) и сравнительно небольшую плотность (2,5–2,7), что определяется, с одной стороны, сильными химическими связями каркаса, а с другой — «рыхлостью» структуры из-за наличия пустот в каркасе. В минералы не входят элементы-хромофоры, поэтому их собственный цвет белый или светло-серый. Однако полевые шпаты часто приобретают цветную окраску, связанную не с хромофорами, как у минералов других подклассов силикатов, а с включениями в них цветных минералов-примесей. Этим, в частности, определяются наиболее характерные цветные окраски полевых шпатов: розово-желтая

и мясо-красная (от включений гематита), зеленовато-серая и серо-черная (от включений других цветных минералов).

Из-за наличия пустот в каркасе, ослабляющих химические связи, в полевых шпатах хорошо проявлена спайность. Она проходит в минералах по двум направлениям, пересекающимся под углом, близким к 90° .

Блеск на плоскостях спайности стеклянный, в изломе жирный, матовый. У отдельных минералов на плоскостях спайности отмечаются голубые радужные переливы (иризация).

Полевые шпаты по химическому составу делятся на две подгруппы:

1. Калиевые полевые шпаты.

2. Кальциево-натриевые полевые шпаты, или плагиоклазы.

К подгруппе **калиевых** полевых шпатов относятся микроклин и ортоклаз.

Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$. Кристаллы призматического облика, хорошо выраженные, часто встречаются в двойниках. Образуют также вкрапленники в породе и сплошные кристаллические массы. Цвет белый, светло-серый, желтовато-розовый до мясо-красного. Черта отсутствует. Блеск стеклянный. Твердость эталонная — 6. Плотность 2,5–2,6. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом неровный, ступенчатый. Прочие свойства: образует сколы по спайности, идущие под прямым углом. С этим свойством связано и название минерала — от греч. *orthos* + *klasis* — *прямоколющийся*. Разновидности: *санидин* — бесцветный стекловидный ортоклаз (выделяемый иногда как отдельный минерал); *адуляр* — водяно-прозрачный ортоклаз клиновидной формы. Адуляры нежно-голубого цвета с мерцающим блеском и перламутровыми переливами (голубая иризация) называются лунным камнем (название нестрогое, используется в приложении к разным минералам и с разным смыслом).

Диагностика. Распознается по цвету — обычно кремово-желтому, блеску, спайности и эталонной твердости.

Микроклин $K[AlSi_3O_8]$. Минерал того же состава, что и ортоклаз, но кристаллизующийся в триклинной сингонии. В переводе с греческого — «незначительно отклоненный», так как угол между плоскостями спайности в отличие от ортоклаза на $20'$ меньше прямого.

По внешним признакам микроклин неотличим от ортоклаза, и только его редкая разновидность зеленого цвета — *амазонит* — легко отличается от других полевых шпатов.

Диагностика. Микроклин обычно розовый или зеленый. Отличие микроклина и ортоклаза и их точное определение проводится на основе специальных методов диагностики. В связи с этим минералы микроклин и ортоклаз макроскопически определяются зачастую просто как калиевый полевой шпат. У похожего на калиевые полевые шпаты кварца нет спайности и более высокая твердость (7).

Происхождение калиевых полевых шпатов магматическое — в кислых и средних магматических породах, пегматитовое, гидротермальное (в составе рудных жил), метаморфическое (в гнейсах, гранитогнейсах, гнейсогранитах).

Калиевые полевые шпаты подвержены вторичным изменениям: характерным продуктом их гидротермального преобразования является мусковит (серицит). При выветривании они подвергаются каолинизации и замещаются каолинитом. Калиевые полевые шпаты (в основном микроклин) являются сырьем для керамической и стекольной промышленности. Лунный камень используется в ювелирном деле, амазонит для поделок.

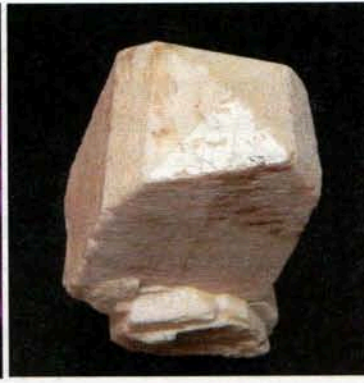
Плагиоклазы являются важнейшими породообразующими минералами и весьма широко распространены. Плагиоклазы представляют собой изоморфный ряд минералов с двумя крайними членами: альбитом (натриевый) $Na[AlSi_3O_8]$ и анортитом (кальциевый) $Ca[Al_2Si_2O_8]$. Между ними располагаются олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, в которых уменьшается содержание натривой составляющей и увеличивается содержание кальциевой.

По содержанию окиси кремния среди плагиоклазов выделяются кислые, богатые SiO_2 , минералы (альбит, олигоклаз), средние (андезин) и основные (лабрадор, битовнит, анортит). Кислые плагиоклазы характерны для кислых магматических пород.



Микроклин

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/583.html>



Ортоклаз

<http://www.catalogmineralov.ru/mineral/738.html>



Амазонит

Коллекция Н. Ф. Данукалова. Фото Г. А. Данукаловой

Изоморфный ряд плагиоклазов



Альбит

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/6248.html>



Олигоклаз

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Feldspar_-_Oligoclase_Sunstone_Sodium_calcium_aluminum_silicate_India_2485.jpg



Кристаллы андезина в порфирите

http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:01722_Andesine.jpg



Лабрадор

<http://www.catalogmineralov.ru/sample/1644.html>



Битовнит

<http://sr.wikipedia.org>



Анортит

<http://www.webois.org.ua/jewellery/stones-katalog/mineral-anorit.htm>

Плагиоклазы обычно характеризуются неправильными зернами, вкрапленными в породу. Образуют зернистые агрегаты, сахаровидные массы, иногда друзы (альбит). Хорошо образованные кристаллы редки. Цвет белый, серый. Черта бесцветная. Блеск стеклянный. Твердость 6–6,5. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом ступенчатый, неровный, угол между плоскостями спайности отличается от прямого на 3,5–4°. С этим свойством связано и название

минерала — от греч. *plagios + klasis* — *косораскалывающийся* (в отличие от калиевых полевых шпатов).

Диагностика. По внешним признакам все плагиоклазы сходны друг с другом и макроскопически обычно не определяются. Исключение составляет лишь лабрадор — темно-серого цвета с очень характерными синими радужными переливами (иризацией) на плоскостях спайности.

Происхождение плагиоклазов:

1. Магматическое, пегматитовое. В магматических породах они являются главными породообразующими минералами кислых, средних и основных горных пород — гранитов (и их пегматитов), диоритов, габбро, сиенитов и нефелиновых сиенитов. В этих горных породах встречаются все плагиоклазы (кислые — в кислых горных породах, средние — в средних, основные — в основных горных породах). В гранитных пегматитах иногда наблюдаются крупные, порой гигантские выделения плагиоклазов (олигоклаза).

2. Гидротермальное (альбит).

3. Метаморфическое — в гнейсах, амфиболитах и др. Характерными продуктами гидротермального изменения плагиоклазов являются мусковит (серицит), эпидот и др. При выветривании заменяются каолинитом.

Практическое применение из всех плагиоклазов имеет лишь лабрадор. Он хорошо принимает полировку и используется как облицовочный камень.

Фельдшпатоиды

Минералы группы фельдшпатоидов состоят из тех же химических элементов, что и полевые шпаты, но с меньшим содержанием кремнезема и повышенным щелочей. Среди них наиболее распространен нефелин — главный породообразующий минерал щелочных магматических горных пород.

Нефелин $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_3$ встречается в сплошных зернистых массах. Кристаллы мелкие, призматические, образуют вкрапленники в породе в виде бесформенных зерен и выделений нефелина. Бесцветный, чаще серый, зеленовато-серый, красновато-серый, до коричневого и мясо-красного. Черта белая или отсутствует. Блеск жирный. Твердость 5–6. Плотность 2,6. Спайность отсутствует. Излом неровный. Прочие свойства: вкрапленники нефелина в породе иногда представлены хорошими кристаллами четырехугольного и шестиугольного сечения.

Разновидности. *Элеолит* — нефелин в виде сплошных сливных масс с жирным блеском.

Диагностика. Характерен жирный блеск в сплошных массах. Важными диагностическими признаками являются рыхлая серая корка на его поверхности (порошковатые массы вторичных минералов), образующаяся в результате выветривания нефелина, а также особенный мясо-красный, гнилостно-красный цвет и жирный блеск в свежих сколах (его так и называют — мясной, жирный камень). Можно спутать с полевым шпатом и кварцем. Последний тверже, не выветривается и не встречается вместе с нефелином. От полевых шпатов нефелин отличается отсутствием спайности и жирным блеском. Происхождение: магматическое — встречается в нефелиновых сиенитах и щелочных пегматитах; метаморфическое (нефелинизация). Руда на алюминий, используется в стекольной и фарфоровой промышленности.



Прожилки продольно- и поперечно-волокнистого асбеста можно найти на Гавриловском руднике на склоне горы Дунграй в окрестностях деревни Мало-Муынаково. Волокна асбеста здесь длинные, из них можно прясть нити и делать ткани.

Существует легенда о том, как уральский горнозаводчик А. Демидов привез в подарок царю Петру I с Урала прекрасную скатерть белого цвета. Во время трапезы он как бы нечаянно опрокинул на скатерть тарелку жирного супа и бокал густого вина, потом скомкал запачканную скатерть и бросил ее в камин. Достав скатерть из огня, он показал удивленному царю, что на ней нет ни одного пятнышка. Демидовские крепостные ткали различные изделия из асбеста: шляпки, перчатки, манжеты, воротнички, кружева. Изделия не требовали стирки, их кидали в огонь, и через несколько минут их можно было носить

снова. Впоследствии выяснили, что мельчайшие волокна асбеста, попадая в дыхательные пути, вызывают тяжелую болезнь — асбестоз.



Жила асбеста в серпентинитах
Карьер Гавриловский, гора Дунграй,
Учалинский район РБ.
Фото Л. Н. Белан



Серпентинит
Воскресенское месторождение
золота, Учалинский район РБ.
Фото Г. А. Данукаловой



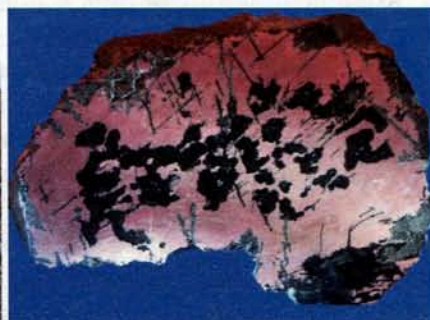
Серпентинит
Южный Урал.
Коллекция Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой

Серпентинит часто встречается на Южном Урале. Благородный полупрозрачный серпентинит находят на месторождении Козьма-Демьяновское и в окрестностях села Кирябинское Учалинского района РБ.

Родонит известен на Руси со времен Византии под названием бакан. Позже его называли рубином, шпатом или орлецом. Согласно преданиям, маленькие камешки родонита встречались в гнездах орлов, поэтому камень и называли орлец. На Южном Урале родонит встречается на марганцевых месторождениях Кажаявском, Никольском, Сарбай, Титраук (Учалинский район), Кусимовском, Кызыл-Таш (Абзелиловский район). Наиболее крупные залежи родонита в республике находятся в Баймакском районе — это Файзулинское месторождение марганцевых руд.



Родонит, псиломелан, пиролюзит
и другие редкие минералы марганца
Карьер Файзуллинского
марганцевого месторождения.
Фото Л. Н. Белан



Родонит
Файзуллинское
марганцевое месторождение.
Коллекция Н. Ф. Данукалова.
Фото Г. А. Данукаловой



Карьер марганцевого
месторождения Никольское
Учалинский район РБ.
Фото Л. Н. Белан

Рядом с селом Кирябинское находится отработанный карьер и заброшенные шахты Кирябинского медно-порфирирового месторождения. Здесь можно встретить музейные образцы альбита, представленного щетками и друзами с хорошо выраженными кристаллами молочно-белого цвета и кристаллы исландского шпата.

Уникальные образцы благородного талька, тремолита, стеатита можно отыскать в действующем карьере Пугачевского месторождения талька недалеко от деревни Бурангулово Учалинского района РБ.



Благородный тальк

Пугачевское месторождение талька, Учалинский район РБ. Фото Л. Н. Белан



Тремолит



Тальковая жила

Фото Г. А. Данукаловой



Гранаты в кварц-эклогитовой породе

Деревня Староякупово, долина р. Сакмары.

Образец Ф. Ардисламова.

Фото Г. А. Данукаловой

Максютовский эклогит-глаукофан-сланцевый метаморфический комплекс привлекает внимание многих как российских, так и зарубежных ученых. Познакомиться с породами и минералами этого комплекса можно в обнажениях, вскрывающихся по долине реки Сакмары в окрестностях деревень Староякупово, Караяново, к востоку от деревень Ивановка и Михайловка Баймакского района РБ.

Евгения Анатольевна Тимофеева, изучая эклогиты и слюдистые, кварц-слюдистые и глаукофановые сланцы максютовского комплекса, определяла в них гранаты-альмандины размером от 2 мм до 1,5 см, а под микроскопом — глаукофан, амфациит, силлиманит, мусковит, лавсонит, эпидот.



Гранаты в эклогите и кварц-слюдистом сланце

Южный Урал. Коллекция Н. Ф. Данукалова.

Фото Г. А. Данукаловой



Гранаты в эклогите

Окрестности д. Шубино, увал Каменный бугор, Оренбургская область.

Фото Е. А. Тимофеевой

КАК ОПРЕДЕЛЯТЬ МИНЕРАЛЫ

Точно определить минерал можно только в лабораторных условиях. Но существует большое количество минералов, которые можно определить по внешним признакам, т. е. микроскопически, используя простейшие методы и знания основных диагностических свойств.

Давайте вспомним, что такое диагностические признаки. Часто разные по химическому составу минералы бывают внешне похожи по одному или нескольким свойствам. Например, по цвету, блеску, прозрачности минералы кварц и кальцит похожи, и их трудно отличить по этим свойствам. Но по другим свойствам — твердости и спайности — они резко отличаются друг от друга. Эти свойства для них являются диагностическими признаками. Таким образом, свойства минералов, по которым их можно определить или отличить друг от друга, являются их диагностическими признаками.

Техника определения минерала без использования лабораторного оборудования называется визуальной диагностикой. Такая техника определения доступна каждому.

Изучение диагностических свойств минерала нужно начинать с определения цвета со всеми его оттенками.

При диагностике цвета нужно учитывать принятую градацию окрасок и оттенков (Кантор, 1982). Так, среди минералов эталоном фиолетовой окраски считается аметист, синей — азурит, зеленой — малахит, желтой — аурипигмент, оранжевой — крокоит, красной — киноварь (в порошке), оловянно-белой — арсенопирит (кристаллы), свинцово-серой — галенит (на свежих сколах), стально-серой — свежие сколы блеклых руд, железно-черной — магнетит, индигово-синей — ковеллин, медно-красной — самородная медь.

Определять цвет минерала всегда нужно на свежей чистой поверхности грани или излома, не затронутой налетами, пленками, окислением.

Цвет темных минералов нужно определять при ярком освещении или в мокром виде. Иногда окраску можно обнаружить, рассматривая минерал вблизи тонких краев сколов.

Для определения цвета черты используют шершавую поверхность фарфоровой пластинки (хорошо подходят осколки фарфоровых изоляторов, которые можно найти возле старых столбов, можно использовать нижнюю сторону дна ступки, осколки белой фарфоровой посуды и т. д.). Ощутимо надавливая минералом, на пластинке проводят черту. Если черта выглядит черной, ее следует размазать пальцем, чтобы определить цвет оттенка. В некоторых случаях, (особенно когда минерал тверже, чем пластинка), черта не образуется, т. к. минерал царапает поверхность пластинки. Черта имеет значение в основном при определении непрозрачных густоокрашенных минералов, т. к. светлоокрашенные обычно дают белую черту.

Далее следует определить блеск. Блеск минерала нужно определять на поверхности свежего скола минерала. Напомним, что выделяют металлический и неметаллический блеск. Многие минералы с металлическим блеском обнаруживают цвета побежалости — радужную пленку на поверхности образца, напоминающую пленку разлитого на воде бензина (например, у борнита).

Разновидности неметаллического блеска определяются следующим образом:

- **алмазный блеск** — очень интенсивный, характерен для некоторых прозрачных минералов с высоким показателем преломления (алмаз, сфалерит, реальгар, киноварь и др.);
- **стеклянный** — подобный отражению света от стекла. Типичный пример — блеск кристаллов горного хрусталя;
- **жирный** — похожий на отражение света от смазанных жиром предметов или блеск парафиновой свечи. Примеры: опал, нефелин;
- **матовый** — характерен для землистых минералов, не обладающих блеском, таких как лимонит, фосфорит.

Существуют характерные типы блеска, обусловленные структурой минерала:

- **перламутровый** — аналогичен отражению света от внутренних сторон раковин моллюсков. Он свойственен минералам тонко-полосчатого строения (опал), а также обладающим совершенной спайностью (слюды, гипсы);
- **шелковистый** — напоминающий блеск шелковой ткани. Характерен для волокнистых минералов, таких как хризотил, гипс-селенит, асбест и др.

Твердость определяют на свежих гранях, изломах, т. к. выветривание, микротрещины, налеты могут исказить результат.

Для определения твердости минерала сначала нужно воспользоваться стеклом или стальным ножом, твердость которых составляет 6 и 5,5 соответственно. Если исследуемый минерал царапает стекло, значит, его твердость больше 6, если нет — меньше. После этого можно воспользоваться эталонной шкалой твердости и аналогично, только используя вместо стекла эталонные минералы, наиболее точно определить твердость. Если исследуемый минерал имеет твердость больше 5, при работе с эталонной шкалой следует начинать с минерала с твердостью 6 — с ортоклаза. Если изучаемый образец поцарапает ортоклаз, значит, он тверже, и далее следует работать с кварцем, твердость которого 7 баллов. И так до тех пор, пока не дойдете до минерала из шкалы Мооса, который поцарапает ваш образец.

Например, вы определили, что исследуемый минерал царапает ортоклаз с твердостью 6 баллов, но царапается кварцем с твердостью 7 баллов, значит, твердость исследуемого минерала составляет 6–7 или 6,5 баллов. Если изучаемый образец одновременно царапает и сам царапается эталонным минералом, значит, их твердость одинакова. Если твердость меньше 5, то нужно помнить, что твердость 2 имеет ноготь, 3 — медная монетка.

Когда определяемый минерал имеет твердость, промежуточную между твердостью двух минералов шкалы, твердость минерала, считается по нижней ступени с добавлением 0,5 (например, минерал царапает кальцит, но не царапает флюорит и сам не царапается кальцитом, следовательно, его твердость равна 3,5).

Внимание! Получив след от эталона, необходимо убедиться, что это действительно царапина, а не оставленная эталоном черта. Для этого след нужно потереть пальцем и рассмотреть внимательно. Эталонные значения твердости относятся только к монокристалльным выделениям (моно — один). Мелкозернистые и волокнистые агрегаты при определении часто показывают заниженную твердость или крошатся.

Для определения **излома** изучают вид поверхности, образующейся при раскалывании минерала (свежий скол). **Раковистый** излом имеет вид вогнутой и концентрической волнистой поверхности, напоминающей поверхность раковин (горный хрусталь, обсидиан); **занозистый** — когда поверхность покрыта ориентированными в одном направлении занозами, (напоминает поверхность переломанной деревянной доски, например актинолит, гипс-селенит, роговая обманка); **землистый** излом характерен для минералов с матовой шероховатой поверхностью, напоминающий излом комка земли (например, каолинит, лимонит); **зернистый** излом напоминает поверхность спрессованного сахарного песка (апатит), **неровный** излом (без определенной формы) свойственен минералам с весьма несовершенной спайностью (нефелин, кварц). Существуют еще несколько видов излома — **чешуйчатый** (серицит), **листоватый** (слюда), **ступенчатый** (галенит, галит) — форма которых соответствует названию.

Для определения **спайности** не обязательно раскалывать минерал, достаточно внимательно рассмотреть поверхность его свежего скола. Напомним, что различают 5 видов спайности.

Весьма совершенная спайность возникает тогда, когда минерал очень легко расщепляется на отдельные тончайшие листочки или пластинки, образуя зеркально блестящие плоскости спайности (слюды, гипс (марьино стекло), хлорит). Излом на свежем сколе у таких минералов обычно листоватый или пластинчатый.

Совершенная спайность отличается тем, что минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубы или другие формы (каменная соль, кальцит). Излом у таких минералов чаще ступенчатый.

Средняя спайность характерна для минералов, при раскалывании которых возникают и плоскости спайности и поверхности с неровным изломом (полевые шпаты).

Несовершенная спайность обнаруживается с трудом, при раскалывании минерала преобладают поверхности с неправильным изломом (апатит, оливин).

Некоторые минералы не обладают спайностью, в этом случае говорят о **весьма несовершенной спайности**. У таких минералов наблюдаются только незакономерные поверхности излома (золото, молочно белый кварц, лимонит). Излом при этом неровный, раковистый или землистый.

Удельный вес минерала определяется приблизительно, при помощи взвешивания образца минерала в руке. Такой способ позволяет распределять минералы на 3 группы: легкие — с удельным

весом до 2,5 г/см³ (например, сера, гипс, опал, галит), средние — с удельным весом от 2,5 до 3,5 (кальцит, кварц, флюорит) и тяжелые (обычно рудные) — с удельным весом выше 4,0 (корунд, пирит, халькопирит, хромит, молибденит, барит, киноварь, галенит, золото, магнетит). Затруднения в определении удельного веса возникают в том случае, если исследуемый минерал в порошке, или представлен небольшим образцом, или находится в форме вкрапления в породе. В этом случае нужно иметь в виду, что почти все прозрачные и молочно-белые минералы имеют удельный вес меньше 3, а минералы с металлическим блеском или железосодержащие являются тяжелыми. Большая часть породообразующих минералов с иными признаками характеризуется средним удельным весом.

Магнитность определяют по отклонению магнитной стрелки компаса.

Побежалость — способность отдельных минералов покрываться с поверхности тонкой радужной пленкой, (напоминающей пленку разлитого на воде бензина). При этом цвет пленки всегда отличается от цвета минерала. Побежалость выражается сложным сочетанием сине-голубого, красноватого и фиолетового цветов (халькозин, гематит, халькопирит).

Вкус. Отдельные минералы легко растворяются в воде и при опробовании вызывают различные вкусовые ощущения. Так, галит имеет соленый вкус, сильвин — горько-соленый.

Вскипание — выделение пузырьков CO₂ под действием соляной кислоты проявляют минералы из группы карбонатов (соли угольной кислоты). Реакция на вскипание проводится обычно слабым (5–10%) раствором соляной кислоты. Вскипание определяется капанием раствора из пипетки на исследуемый минерал. При этом некоторые минералы класса карбонатов вскипают только с нагретой кислотой (магнезит), в порошке (доломит), иногда после высыхания капли остается характерное желтое пятно (сидерит).

Важным диагностическим признаком служит **штриховка** — особенность минерала, заключающаяся в том, что у отдельных кристаллов его грани покрыты бороздками и штрихами, образовавшимися в связи с особенностями роста. У различных минералов штрихи имеют разную ориентировку: у горного хрусталя они располагаются поперек вытянутых граней, у турмалина — вдоль вытянутых граней, у пирита — штрихи одной грани перпендикулярны штрихам соседних граней.

Минералы определяют при помощи специальных определителей. Ниже прилагается таблица с основными диагностическими свойствами минералов.

Особое внимание нужно обратить на определение формы нахождения минерала и его внешнего облика, поскольку описание формы кристаллов играет весьма значимую диагностическую роль.

Если образец, определяемый вами, полиминеральный, т. е. состоит из нескольких минералов, тогда соседние минералы могут помочь вам в определении.

Техника безопасности

С образцами минералов следует обращаться аккуратно, ни в коем случае не ронять и не бросать их.

В процессе определения твердости минералов при работе со стальным ножом, иглой или стеклом необходимо быть предельно осторожными во избежание порезов и царапин. При работе со стеклом нельзя проводить диагностику, держа стекло в руке, поскольку под давлением твердого минерала оно может разломиться. Необходимо положить стекло на стол и только после этого проверять твердость минерала.

При работе с разбавленной соляной кислотой следует избегать попадания кислоты на поверхность кожи, в глаза или в рот. Если же это произошло, необходимо промыть пораженные участки водой.

Ключ к определению минералов с помощью таблицы

Для визуального определения минералов мы приводим таблицу, в которой отражены основные диагностические признаки и размещены фотографии некоторых минералов. Большинство фотографий мы позаимствовали с интернет-сайта http://www.catalogmineralov.ru/cont/feature_t.html.

Для определения минералов нам пригодятся лупа, компас, шкала Мооса, альтернативная шкала для определения твердости (медная монетка, гвоздь, стекло, напильник, иголка, перочинный нож), фарфоровая неглазированная пластинка, флакончик с 5% раствором HCl, лист бумаги, ручка и карандаш. Для диагностики минералов необходимо хорошее освещение.

Порядок определения минералов:







1. Определить последовательно свойства минерала и записать полученные результаты в таблицу (или в столбик).

Пример таблицы






Образец, название или номер	
Цвет	
Черта	
Блеск	
Твердость	
Удельный вес	
Спайность	
Излом	
Сингония, габитус, форма нахождения	
Другие минералы, которые встречаются в данном образце (если есть)	
Дополнительные сведения (вскипание, магнитность, побежалость, вкус, и др.)	

2. Отыскать в таблице минерал, диагностические признаки которого максимально совпадают со свойствами определяемого вами образца.


Таблица для определения минералов

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
Самородные элементы							
1	 Золото Au (др. русск. — золото)	Золотисто-желтый	Золотисто-желтая металлическая	Металлический	2,5–3	19,3	Отсутствует
2	 Медь Cu (греч. Κυπριος, название острова Кипр)	Медно-красный, золотисто-розовый	Розовая, красная	Металлический	2,5–3	8,5–8,9	Отсутствует
3	 Графит C (греч. γραφω — пишу)	Железно-черный до стального серого	Серовато-черная	Металло-видный, жирный	1	1,9–2,3	Совершенная
4	 Сера S (англ. Sulphur — сера)	Желтый	Светло-желтая	Жирный, алмазный	1–2	1,9–2,1	Несовершенная
Сульфиды и их аналоги							
5	 Галенит PbS (лат. galena — свинец), свинцовый блеск	Свинцово-серая	Темно-серый до черного	Сильный металлический; у плотных агрегатов — матовый	2–3	7,4–7,6	Совершенная
6	 Сфалерит ZnS (др.-греч. σφαλερός — обманчивый), цинковая обманка	Серовато-бурый, коричневый, реже желтый, красный, зеленый	Желтая, бурая, белая	Алмазный	3,5–4	4,7	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Крючковатый, занозистый	Кубическая, октаэдр, зерна, включенные в рудную массу, дендриты, сростки, самородки, чешуйки	Гидротермальное (кварц, пирит, халькопирит, галенит) — Кочкарское (Юж. Урал), россыпи — Ленские прииски (Вост. Сибирь)	Валютный металл, электроника, техника, украшения	Пирит, халькопирит (но меньше твердость, больше плотность, ковкое)	Растворяется в царской водке
Крючковатый, занозистый	Кубическая, пластинчатые дендриты	Гидротермальное (цеолит, кальцит) — оз. Верхнее (США), осадочное (куприт, малахит, азурит, халькозин) — Гумешевское (Урал)	Машиностроение, электротехника и т. д.	От всех схожих минералов отличается ковкостью	Хороший электропроводник
Чешуйчатый	Гексагональная, шестиугольные пластинки или таблички	Метаморфическое (кальцит, доломит) — Алабашка (Урал), магматическое (нефелин, альбит) — Ботогольское (Бурятия)	Изготовление карандашей, электродов, смазка для трущихся деталей	Молибденит (но иной оттенок черты и иная ассоциация)	Жирный на ощупь, в кислотах не растворяется
Раковистый	Ромбическая, пирамидальные, ромботетраэдрические кристаллы, сплошные массы, натечные формы	Осадочное (гипс, целестин) — Гаурдак (Туркмения), вулканогенное (антимонит, пирит, реальгар) — Кунашир (Курильские о-ва)	Промышленность, изготовление резины, спичек, красок	—	Не растворяется в соляной и серной кислоте
Ступенчатый	Кубическая, кубические, кубооктаэдрические реже октаэдрические кристаллы, зернистые агрегаты	Гидротермальное (сфалерит, пирит, кварц, кальцит) — Садонское (Сев. Кавказ)	Рудный минерал свинца и важнейший источник серебра	Сфалерит (но выше плотность и иной цвет черты); молибденит (но выше твердость)	Обладает слабой электропроводностью, растворяется в азотной кислоте
Ступенчатый	Кубическая, тетраэдрические, реже ромбододекаэдрические кристаллы, зернистые агрегаты, щетки, друзы	Гидротермальное (халькопирит, кварц, галенит) — Дальнегорское (Приморье)	Рудный минерал цинка, попутно извлекаются кадмий, индий, галлий	Вольфрамит (но иные формы выделения и характер спайности)	При реакции с соляной кислотой в порошке выделяет сероводород

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
7	 <p>Пирротин $Fe_{1-x}S$ (др.-греч. πυρρότης — <i>огненно-красный</i>), магнитный колчедан</p>	Темный бронзово-желтый с пестрой побежалостью	Серовато-черная	Металлический	4	4,5–4,6	Несовершенная
8	 <p>Киноварь HgS (др.-перс. zinjīfrah — <i>кровь дракона</i>)</p>	Красный, багряный, иногда со свинцово-серой побежалостью	Ярко-красная	Алмазный	2–2,5	8,0–8,2	Совершенная
9	 <p>Антимонит Sb_2S_3 (лат. antimonium — <i>сурьма</i>), сурьмяной блеск</p>	Свинцово-серый до стального серого, синеватая побежалость	Свинцово-серая до черной	Металлический	2	4,5–4,6	Совершенная
10	 <p>Реальгар As_4S_4 (франц. réalgar, араб. рахдж аль — <i>пыль пещеры, рудника</i>), сернистый мышьяк</p>	Оранжево-красный, ярко-красный, реже темно-красный	Оранжево-желтая	Жирный	1–1,5	3,4–3,6	Совершенная
11	 <p>Аурипигмент As_2S_3 (лат. aurum — <i>золото, золотая краска</i>)</p>	Лимонно-желтый, до оранжевого и красновато-желтого, часто с буроватым, красноватым оттенком	Светло-желтая, желтая	Жирный, на плоскостях спайности — перламутровый	1–2	3,4–3,5	Средняя






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый, ровный	Гексагональная, типичен пластинчатый, столбчатый, бочонковидный облик кристаллов, сплошные массы, зернистые агрегаты, вкрапления	Магматическое (пентландит, халькопирит) — Норильское (Красноярский край) гидротермальное (сфалерит, галенит, касситерит) — Девдоракское (Кавказ)	Используется в химической промышленности, для получения железного купороса	Пентландит (но несовершенная спайность); пирит (но меньше твердость); халькопирит (но иной цвет)	На воздухе темнеет, обладает магнитными свойствами, в кислотах растворяется очень плохо
Неровный занозистый, раковистый	Тригональная, толстостолбчатые или ромбоэдрические кристаллы, сплошные массы, налеты корки, зернистые агрегаты	Гидротермальное (антимонит, пирит, марказит, кварц) — Никитовское (Украина), Альмаден (Испания)	Минерал ртути, применяется в качестве красной краски	Реальгар (но иные цвет и черта); прустит-пираргирит (но иные ассоциации)	Растворима в царской водке, а также в растворах сульфидов едких щелочей
Близкий к раковистому	Ромбическая; призматические, веерообразные сростки, игольчатые, спутановолокнистые и зернистые агрегаты	Гидротермальное (кварц, киноварь, флюорит, кальцит) — Кадамжайское (Киргизия)	Основной минерал для получения сурьмы	Галенит (но иной габитус и меньше плотность)	Обладает полупроводниковыми свойствами
Раковистый	Моноклинная, короткопризматические кристаллы, сплошные зернистые массы, тонкие прожилки, вкрапления	Гидротермальное (аурипигмент, реже кварц, пирит, антимонит) — Лухумское (Грузия)	Используется для производства мышьяковистой кислоты, пиротехники, красок	Киноварь (но иные цвет и черта); крокоит (но иная ассоциация)	Легко плавится и испаряется, издавая запах чеснока, ядовит
Раковистый	Моноклинная, таблитчатые, короткопризматические, очень хорошо образованные кристаллы, зернистые, чешуйчатые, листоватые агрегаты	Гидротермальное (реальгар, антимонит, марказит, кварц) — Меркур (США)	Важная руда мышьяка	—	При трении издает запах чеснока, в стеклянной трубке образует мышьяковое зеркало, растворим в азотной кислоте и царской водке

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
12	 Молибденит MoS_2 (греч. molybdos — свинцовый), молибденовый блеск	Свинцово-серый	Серая	Металлический	1–1,5	4,7–4,8	Совершенная
13	 Пентландит $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_9$ (по имени ирланд. естествоиспытателя Джозефа Пентленда)	Светлый, бронзово-желтый до бурого	Бронзово-бурая или зеленовато-черная	Металлический	3,5–4	4,6–5,0	Средняя
14	 Халькопирит CuFeS_2 (греч. χαλκός медь + пирит), медный колчедан	Латунно-желтый, часто с синей или пестрой побежалостью	Зеленовато-черная	Металлический	3,5–4	4,1–4,3	Несовершенная
15	 Борнит Cu_3FeS_4 (назван в честь чешского минералога И. Борна)	Медно-красный, бронзово-желтый с красноватым оттенком, фиолетовый с синей побежалостью	Серовато-черная	Металлический	3	4,9–5,2	Весьма несовершенная
16	 Пирит FeS_2 (греч. πυρίτης λίθος — камень, высекающий огонь), серный колчедан	Соломенно-желтый, иногда с побежалостью	Зеленовато-черная	Металлический	6–6,5	4,9–5,2	Весьма несовершенная, отсутствует
17	 Марказит FeS_2 (нем. Markasit — кремь), лучистый колчедан	Латунно-желтый, серовато-зеленоватый оттенок	Темная зеленовато-серая	Металлический	6	4,3–4,9	Весьма несовершенная







Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Чешуйчатый	Гексагональная, гексагональные таблички; в большинстве случаев листоватые и чешуйчатые агрегаты и сферолиты	Гидротермальное (кварц, халькопирит) — Шахтама (Забайкалье), магматическое (кварц, полевые шпаты) — Клайменс (США)	Сырьё для производства молибдена, компонент смазок, производство легированной стали	Графит (но высокий удельный вес, иной блеск)	Не плавится, с трудом разлагается в концентрированной серной кислоте при медленном кипячении
Неровный	Кубическая, гексаоктаэдрические кристаллы, плотные, массивные, зернистые скопления, вкрапленники	Магматическое (пирротин, халькопирит) — Седбери (Канада)	Основная руда никеля	Пирротин (но иной габитус)	Сплавляется в черный магнитный шарик, растворяется в азотной кислоте
Неровный, раковистый	Тетрагональная, удлиненные или изометрические, тетраэдрические кристаллы, сплошные массы	Гидротермальное (пирит, пирротин, сфалерит, кварц) — Коунрад (Казахстан), магматическое (пентландит, магнетит) — Норильское (Красноярский край)	Важнейшая медная руда	Пирит (но ниже твердость); пирротин (но иной цвет)	Растворяется в азотной кислоте с выделением серы
Неровный, раковистый	Тетрагональная, грубо ограненные кубики кристаллов, сплошные плотные массы	Гидротермальное (халькопирит, халькозин, галенит) — Успенское (Казахстан)	Важная руда меди	Куприт (но иной блеск, наличие побежалости)	Сплавляется в магнитный шарик, на угле с содой дает королек меди. Растворим в азотной кислоте
Неровный, раковистый	Кубическая, куб, пентагон-додекаэдрические кристаллы, зернистые кристаллические агрегаты	Гидротермальное (арсенипирит, галенит) — Коунрад (Казахстан), осадочное (марказит, сидерит) — Московская обл., магматическое (пирротин, пентландит) — Норильское (Красноярский край)	Сырьё для получения серной кислоты, серы и железного купороса	Марказит (но иная форма кристаллов); халькопирит, пирротин (но более высокая твердость)	Штриховка на гранях, термоэлектричен, плавится в магнитный шарик
Неровный	Ромбическая, короткостолбчатые дипирамидальные, копьевидные, игольчатые кристаллы, лучистые, плотные агрегаты, конкреции	Гидротермальное (кальцит, галенит, сфалерит) — Блявинское (Юж. Урал)	Производство серной кислоты	Пирит (но иная форма кристаллов)	Замещает органические ископаемые остатки (псевдоморфизм), при ударе искрит и пахнет серой

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
18	 <p>Арсенопирит FeAsS (лат. arsenicum — мышьяк), мышьяковистый колчедан</p>	Оловянно-белый, светло-серый, желтый, с пестрой побежалостью	Черная, серо-черная	Металлический	6	5,9–6,2	Несовершенная
19	 <p>Кобальтин CoAsS (нем. Kobold — домовый, гном), кобальтовый блеск</p>	Серебряно-белый, стально-серый, красноватый	Серая до черной	Металлический	5,5–6	6,0–6,3	Совершенная
Оксиды, гидроксиды							
20	 <p>Корунд Al_2O_3 (от др. инд. korund — рубин)</p>	Синий (сапфир), красный (рубин), черный (наждак)	Нет	Стекло-ный	9	3,9–4	Отсутствует
21	 <p>Шпинель MgAl_2O_4 (от spina — шип, колючка)</p>	Розовый, красный, зеленовато-синий, синий до черного	Нет	Стекло-ный	7,5–8	3,5–4	Несовершенная
22	 <p>Гематит Fe_2O_3 (греч. haimatites — подобный крови), железный блеск, красный железняк</p>	Стально-серый до черного	Вишнево-красная	Металлический	5–6	4,9–5,3	Отсутствует







Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Неровный	Ромбическая, короткостолбчатые, шестоватые агрегаты, звездчатые сростки	Гидротермальное (кварц, турмалин, пирит) — Кочкарское (Урал)	Сырьё для получения попутного мышьяка и его соединений; используется в инсектицидах, гербицидах	Скутгерудит (но иная форма кристаллов и отсутствие примазок вторичного эритрина)	Плавится, издавая чесночный запах, образует мышьяковое зеркало, растворим в азотной кислоте
Неровный, раковистый	Кубическая, октаэдроздрические пентагондодекаэдрические кристаллы, сплошные зернистые массы	Контактовое (магнетит, кальцит) — Дашкесанское (Кавказ), гидротермальное (кварц, халькопирит) — Ховуаксы (Тува), жильное (кобальт) (Онтарио)	Один из основных минералов кобальтовых руд	Арсенопирит (но иной оттенок окраски и примазки вторичного эритрина)	Плавится в серый магнитный шарик
Раковистый неровный	Тригональная, кристаллы бочонковидные, дипирамидальные, призматические, пластинчатые, зернистые агрегаты	Метасоматическое (андалузит, силлиманит, рутил) — Сичангойское (Краснояр. край), магматическое (полевые шпаты) — кимберлиты Якутии, россыпи — Индия	Абразивный и огнеупорный материал, драгоценные камни	От всех сходных минералов отличается твердостью	Нерастворим в кислотах
Раковистый	Кубическая, октаэдрические кристаллы	Метасоматическое (пироксены, амфиболы, флогопит) — Слюдянка (Прибайкалье), россыпи — р. Каменка (Урал)	Производство керамики, огнеупоров, термостойких красок, ювелирное дело	Гранат, корунд (но иная форма кристаллов)	Кислоты не действуют, не плавится
Раковистый	Тригональная, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, зернистые агрегаты, землистые натечные формы	Метаморфическое (кварц, биотит) — КМА, гидротермальное (кварц, барит, магнетит) — Кутимское (Сев. Урал), осадочное (кальцит, сидерит) — Алабама (США)	Железная руда (чугун, сталь)	Ильменит (но иной цвет черты), магнетит (но не магнитен и иной цвет черты)	Растворяется в соляной кислоте, слабо магнитен

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
23	 <p>Магнетит FeFe_2O_4 (греч. Магнес — имя пастуха, нашедшего магнит. камень (Греция)), магнитный железняк</p>	Железно-черный, иногда с синей побежалостью	Черная	Полуметаллический	5,5–6	4,9–5,2	Отсутствует, несовершенная
24	 <p>Гётит $\text{FeO}(\text{OH})$ (в честь нем. поэта, естествоиспытателя и коллекционера минералов И. В. Гёте)</p>	Черно-бурый	Бурая, желто-бурая	Алмазный, шелковистый, металлический у волокнистых разновидностей	5	4–4,4	Совершенная
25	 <p>Кварц SiO_2 (стар. нем. Querklüfter — руда секущих жил)</p>	Белый, бесцветные кристаллы (горный хрусталь), желтый (цитрин), фиолетовый (аметист), черный (морион), дымчатый (раухтопаз), розовый	Нет	Стеклообразный, жирный	7	2,6	Отсутствует
26	 <p>Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (древ. инд. urala — драгоценный камень)</p>	Бесцветный (гиалит), белый, желтый, красный, коричневый, синий, иризирующий (благородный)	Белая	Стеклообразный, матовый	5,5–6	1,9–2,3	Отсутствует
27	 <p>Касситерит SnO_2 (греч. kassiteros — олово), оловянный камень</p>	Бурый до черного	Белая до светло-желтой, буроватая	Алмазный, слегка жирный	6–7	7	Несовершенная



Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый	Кубическая, октаэдрические, реже ромбододекаэдрические кристаллы	Магматическое (ильменит, хромит, полевые шпаты) — Кусинское (Урал), метасоматическое (гранат, эпидот) — г. Магнитная (Урал), метаморфическое (кварц, гематит) — КМА	Сырье для выплавки чугуна и стали	Гематит (но магнитен и другой цвет черты); хромит (но магнитен); ильменит (но иная форма кристаллов)	Сильно магнитен, не плавится, трудно растворим в кислотах
Неровный	Ромбическая, призматические, игольчатые, пластинчатые, столбчатые кристаллы, сталактитовые массы	Гидротермальное (пирит, сфалерит) — Пришибрам (Чехия), осадочное (пирролюзит, хлорит, манганит) — Керченское (Крым), экзогенное	Руда для железа	Гематит (но иной цвет черты)	Растворяется в соляной кислоте
Раковистый	Тригональная, шестигранные призмы, друзы, шетки, зернистые, кристаллические агрегаты	Широко распространен	Оптика, радиотехника, стекольная промышленность	Нефелин (но выше твердость); топаз (но нет спайности и иная форма кристаллов)	Не плавится, поддается влиянию щелочей
Неровный	Аморфный, почковидные выделения, желваки, сплошные массы	Осадочное (песчаник) — Австралия, гидротермальное	Материал для изготовления динамита, драгоценный камень	—	Не плавится, растворяется в плавиковой кислоте
Раковистый	Тетрагональная, дипирамидальные таблитчатые и столбчатые кристаллы, лучистые, радиально-волоконистые и плотные агрегаты	Метасоматическое (гранат, шеелит) — Ононское (Забайкалье), гидротермальное (кварц, вольфрамит, пирит) — Дальнее (Приморье), пегматитовое (кварц, берилл, турмалин) — Завитинское (Забайкалье)	Главный рудный минерал для получения олова	Рутил, циркон (но выше плотность)	Немагнитен, кислоты не действуют

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
28	 Рутил TiO_2 (лат. <i>rutilus</i> — <i>красноватый</i>)	Темно-бурый, красновато-бурый до черного, буровато-желтый	Желтая, светло-бурая	Алмазный	6	4,2–4,3	Совершенная
29	 Перовскит $CaTiO_3$ (в честь Л. А. Перовского)	Черный, красно-бурый, желтый	Буровато-желтая, бесцветная	Металло-видный до алмазного	5,5–6	4–4,4	Несовершенная
30	 Ильменит $FeTiO_3$ (Ильменские горы, Урал), титанистый железняк	Железо-черный	Черная до красно-бурой	Полуметаллический до металлического	5–6	4,5–5,0	Отсутствует
31	 Пирролюзит MnO_2 (греч. <i>pyr</i> — <i>огонь</i> и <i>litho</i> — <i>мою</i>)	Черный, иногда с синеватой металлической побелостью	Черная	Металлический	1–2,5 (в кристаллах 5–6)	4,7–5,0	Совершенная
32	 Хромит $FeCr_2O_4$ (по своему хим. составу), хромистый железняк	Железо-черный, буровато-черный	Бурая, серовато-бурая	Металлический	5,5–6,5	4,3–4,6	Несовершенная
33	 Диаспор $AlO(OH)$ (греч. <i>diaspora</i> — <i>рассеяние</i>)	Желтовато-бурый, белый, зеленоватый, серый, розоватый, светло-фиолетовый	Белая	Стекло-образный	7	3,3–3,5	Совершенная







Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый	Тетрагональная, призматические, столбчатые, игольчатые кристаллы, зернистые агрегаты, щетки	Метаморфическое (биотит, кварц, корунд) — Семиз-Бугу (Казахстан), гидротермальное (кварц, ильменит, магнетит) — Юж. Урал, магматическое	Выплавка ферротитана, изготовление титановых белил, квантовых генераторов	Касситерит (но ниже плотность), анатаз, брукит (но иная форма кристаллов)	Не плавится, в кислотах не разлагается
Неровный	Кубическая, кубические кристаллы	Метасоматическое (везувиан, гранат) — Ахматовская копь (Урал), магматическое (пироксены, гранаты, хромит) — Сарановское (Урал)	Разновидности используются как руда для получения редкоземельных элементов	—	Не плавится, разлагается в кипящей серной кислоте
Раковистый	Тригональная, зернистые массы, реже уплощенные таблитчатые кристаллы	Магматическое (магнетит, полевые шпаты) — Аллард-Лейк (Канада)	Ценная руда для получения титана	Магнетит (но иная форма выделений); гематит (но иной цвет черты)	Магнитен, при нагревании с серной кислотой дает голубое окрашивание
Землистый	Тетрагональная, игольчатые или столбчатые кристаллы, рыхлые, натечные, плотные, землистые массы	Осадочное, с другими окислами марганца и железа (Кусимовское, Кажавское, Юж. Урал)	Выплавка ферромарганца, производство сухих батарей, химических препаратов, стекольная, фарфоровая промышленность	Манганит (но иной цвет черты); псиломелан (только при специальных исследованиях)	В соляной кислоте растворяется с выделением хлора
Неровный	Кубическая, октаэдрические кристаллы, вкрапленники	Магматическое (серпентин, оливин, магнетит) — Сарановское (Юж. Урал)	Рудный минерал хрома	Магнетит (но не магнитен); шпинель железистая (но иная ассоциация и ниже твердость)	Не плавится, в кислотах не растворяется
Раковистый	Ромбическая, пластинчатые, листоватые кристаллы	Метаморфическое (корунд, хлоритоид) — Акташ (Казахстан), экзогенное (гибсит, бёмит) — Тихвинское (Ленингр. обл.), метасоматическое (рутил, мусковит) — Наксос (Греция)	Рудообразующий минерал (в составе боксита)	Гиббсит (но выше твердость)	Не плавится, растрескивается, с трудом растворяется в плавиковой кислоте

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
34	 Манганит $MnO(OH)$ (по своему химическому составу)	Буровато-черный, черный	Красноватая, темно-бурая	Полуметаллический	4	4,2–4,4	Совершенная
35	 Брусит $Mg(OH)_2$ (назван по имени амер. минералога А. Бруса)	Белый, переходящий в светло-зеленый, серый или голубой	Белая	Стекло-образный	2	2,37–2,42	Совершенная
Карбонаты							
36	 Родохрозит $MnCO_3$ (др. — греч. $\rho\acute{o}\delta\delta\omicron\nu$ — роза и $\chi\rho\acute{o}\sigma\iota\varsigma$ — окраска)	Розовый, малиновый, бурый, реже бесцветный	Белая	Стекло-образный	3,5–4,5	3,3–3,6	Совершенная
37	 Сидерит $FeCO_3$ (др.-греч. $\sigma\acute{\iota}\delta\eta\rho\omicron\varsigma$ — железо), железный шпат	Желтый, желтовато-серый, буровато-серый	Белая	Стекло-образный, перламутровый	3,5–4,5	3,7–3,9	Совершенная
38	 Магнезит $MgCO_3$ (в честь области Магнесия (Фессалия, Греция))	Белый, бледно-желтый, серый, черный, буроватый	Белая	Стекло-образный	4–4,5	2,9–3,1	Совершенная
39	 Кальцит $CaCO_3$ (лат. <i>calx</i> (род. п. <i>calcis</i>) — известь), известковый шпат	Белый, желтый, розовый, зеленоватый	Белая	Стекло-образный	3	2,6–2,8	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Неровный	Моноклинная, лучистые агрегаты, вытянутые кристаллы	Гидротермальное (барит, кальцит) — Ильфельд (Германия), осадочное (пирролюзит, пселомелан) — Никопольское (Украина)	Важная руда Mn для черной металлургии	Пирролюзит (но иной цвет черты)	Не плавится, растворяется в соляной кислоте
Занозистый	Тригональная, таблитчатые кристаллы, тонковолокнистые прожилки, листоватые агрегаты	Метаморфическое, гидротермальное (серпентинит, арагонит) — Баженовское (Урал)	Сырье для керамической и бумажной промышленности, огнеупоров	Тальк, пирофиллит (при специальных исследованиях)	Будучи накалившимся, ярко светится, в кислотах растворяется легко
Раковистый неровный	Тригональная, натечные почковидные массы	Гидротермальное (браунит, кварц, барит) — Джида (Бурятия), осадочное (манганит, пирролюзит) — Чиатурское (Грузия)	Сырье для выплавки ферромарганца, декоративный камень	От других карбонатов отличается по цвету	Не плавится, быстро растворяется в горячей соляной кислоте
Зернистый, неровный	Тригональная, ромбоздры, зернистые агрегаты	Гидротермальное (кварц, кальцит) — Бакальское (Юж. Урал), осадочное (гётит, хлорит, манганит) — Керченское (Крым)	Важная руда железа	От других карбонатов отличается цветом и повышенной плотностью	Не плавится, интенсивно растворяется в подогретой соляной кислоте, желтое пятно от соляной кислоты
Раковистый, неровный	Тригональная, ромбоздрические кристаллы, плотные массы	Метасоматическое (тальк, доломит, кальцит) — Саткинское (Юж. Урал), экзогенное — Урал	Производство огнеупоров и вяжущих материалов, химическая промышленность	Кальцит, доломит (но выше твердость, трудно растворяется в соляной кислоте)	Не плавится, растрескивается, в кислотах растворяется
Ступенчатый	Тригональная, кристаллы скаленоэдрические, ромбоздрические призматические и пластинчатые и др., щетки	Осадочное — Поволжье, гидротермальное (барит, кварц) — Дальнегорское (Приморье)	Применяется в строительстве и химическом производстве	Магнезит, доломит (но ниже твердость, легко растворяется в соляной кислоте); арагонит (но совершенная спайность)	Бурно вскипает в разбавленной соляной кислоте

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
40	 Арагонит CaCO_3 (от Арагон — регион в Испании)	Белый, серый, бледно-желтый, зеленый, синий, фиолетовый, черный	Белая, светло-серая	Стекланный, перламутровый	3,5–4	3	Несовершенная
41	 Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (назван в честь Деода де Доломье), горький шпат	Серовато-белый с желтоватым, буроватым, реже зеленоватым оттенком	Белая	Стекланный, перламутровый	3,5–4	2,8–2,9	Совершенная
42	 Малахит $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ (греч. malache — мальва (растение), по сходству цвета камня с зелёной листвой), медная зелень	Ярко-зеленый, изумрудно-зеленый, темно-зеленый	Зеленая, светло-зеленая	Стекланный, шелковистый	3–4	3,9–4,1	Совершенная
43	 Азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ (франц. azur — лазурь), медная синь	Лазурно-синий, темно-синий	Синяя, бледно-синяя, небесно-голубая	Стекланный	3,5–4	3,7–3,9	Совершенная
Сульфаты							
44	 Барит BaSO_4 (греч. barys — тяжелый), тяжелый шпат	Белый, серый, красный, желтый, бурый, светло-бурый	Белая	Стекланный, жирный, перламутровый	3–3,5	4,3–4,7	Совершенная
45	 Целестин SrSO_4 (по окраске, от лат. coelestis — небесный)	Белый, синий, с желтоватым, реже красновато-бурым оттенком	Белая	Стекланный до перламутрового	3–3,5	3,9–4	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый	Ромбическая, игольчатые кристаллы, волокнистые, шаровидные, зернистые агрегаты, плотные массы	Гидротермальное (серпентин, кальцит, брусит) — Акдаурак (Тува), экзогенное (доломит, гипс) — Бакальское (Юж. Урал)	Коллекционный материал	Кальцит (но иной характер спайности)	Вскипает в разбавленной соляной кислоте
Раковистый, ступенчатый	Тригональная, ромбоэдрические кристаллы, массивные зернистые агрегаты,	Осадочное — Поволжье, замещение известняков под воздействием магnezиальных растворов	Применяется в строительстве и в качестве флюса в металлургии	Кальцит (но выше твердость); магнезит (но ниже твердость)	В отличие от кальцита вскипает в разбавленной соляной кислоте в порошке
Неровный	Моноклиная, призматические, пластинчатые, игольчатые кристаллы, почки, псевдоморфозы по азуриту и куприту	Гипергенное — Гумешевское (Юж. Урал), зоны выветривания меднорудных месторождений, азурит, куприт	Отделочный камень, ювелирное дело	Хризокolla (но выше плотность и другой оттенок цвета); бирюза (но ниже твердость и цветная черта)	Растворяется в кислотах с выделением углекислого газа
Раковистый	Моноклиная, многогранные кристаллы, образующие мелкие друзы, длиннопризматические, толстотаблитчатые кристаллы, землистые агрегаты	Гипергенное, зоны выветривания меднорудных месторождений, малахит, куприт	Живопись, ювелирное дело, коллекционный камень	Лазурит (но ниже твердость и иная ассоциация)	Плавится, в восстановительном пламени дает королек меди, растворяется в соляной кислоте (с шипением)
Неровный	Ромбическая, таблитчатые, реже призматические кристаллы, радиально-лучистые агрегаты, щетки, друзы	Осадочное (гипс, ангидрит) — Казахстан, гидротермальное (флюорит, кварц, кальцит) — Хайдаркан (Узбекистан)	Утяжелитель для буровых глинистых растворов, защита от облучения в рентгеновской технике, получения белой краски	Кальцит (но выше плотность); целестин	Плавится по краям тонких осколков, окрашивая пламя в желто-зеленый цвет
Занозистый	Ромбическая, таблитчатые, реже призматические кристаллы, зернистые агрегаты, щетки, друзы	Осадочное (доломит, гипс) — Ляккан (Ср. Азия)	Используется в пиротехнике, химии (в стекольном, керамическом производстве), фармацевтике	Кальцит, доломит (но выше плотность и иная форма кристаллов); барит	В порошке растворяется в концентрированной серной кислоте, при добавлении воды мутнеет

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
46	 Ангидрит CaSO_4 (греч. <i>án-vdros</i> — не и вода, к <i>anhydros</i> , в смысле безводный)	Серый, белый, бледно-синий, синий, фиолетовый, бледно-красный	Белая	Стекланный, перламутровый	3,5	2,9–3	Совершенная
47	 Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (греч. <i>γύψος</i> (<i>gyps</i>) — мел, штукатурка)	Белый, красноватый	Белая	Стекланный	2	2,2–2,4	Совершенная, весьма совершенная
Фосфаты, ванадаты, арсенаты							
48	 Апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ (греч. <i>apatē</i> — обман)	Белый, зеленый, сине-зеленый, голубой, фиолетовый, редко красный	Белая	Стекланный до жирного	5	3,2–3,4	Несовершенная
49	 Вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (в честь английского минералога Дж. Г. Вивиана), синяя железная руда	Зеленый, индигово-синий голубой, бесцветный	Синяя, бесцветная, голубая	Стекланный, перламутровый	1,5–2,5	2,7	Совершенная
50	 Шеелит CaWO_4 (по фамилии шведского химика Карла Вильгельма Шееле)	Бесцветный, белый, желтовато-белый, реже коричневый, черный, иногда красный	Белая	Жирный	4,5–5	5,8–6,2	Совершенная
51	 Вольфрамит $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{WO}_4$ (по своему химическому составу)	Черный, темно-коричневый (ферберит); бурый с красноватым оттенком (гюбнерит)	Темно-коричневая (ферберит), желтая, желто-бурая (гюбнерит)	Металлический	4,5–5,5	6,7–7,4	Совершенная







Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Неровный	Ромбическая, толсто-таблитчатые, кубические, короткостолбчатые кристаллы, зернистые, волокнистые агрегаты	Осадочное (гипс, галит) — Поволжье, хемогенное	Поделочный камень, вяжущее вещество	Гипс (но выше твердость и иной характер спайности), барит, целестин (но ниже плотность); Кальцит (но иной угол спайности)	Плавится в белую эмаль, растворяется в серной кислоте
Раковистый занозистый ступенчатый	Моноклиная, таблитчатые, призматические, столбчатые, игольчатые кристаллы, друзы, щетки, зернистые агрегаты (алебастр), волокнистые агрегаты (селенит)	Осадочное (ангидрит, галит) — Соликамское (Предуралье), хемогенное	Строительство, медицина, скульптура	Ангидрит (но более низкая твердость)	Плавится в белую эмаль, растворим в воде
Раковистый неровный	Гексагональная, призматические, короткостолбчатые, таблитчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Магматическое (магнетит, кварц) — Хибинь (Кольский п-ов)	Сырьё для производства фосфорных удобрений, фосфора и фосфорной кислоты	Берилл (но ниже твердость)	Растворяется в кислотах, слабо радиоактивен
Ступенчатый занозистый	Моноклиная, пластинчатые и игольчатые прозрачные кристаллы, конкреции, корки, почковидные, землистые массы	Продукт выветривания в гидротермальных и пегматитовых месторождениях (Крым)	Декоративно — коллекционный материал, минеральный пигмент для приготовления синей краски	—	Легко растворим в соляной и в азотной кислотах
Раковистый неровный	Тетрагональная, октаэдри, массивные, зернистые агрегаты	Гидротермальное (кварц, вольфрамит) — Ледвилл (США), метасоматическое (гранат, пироксен) — Тырныауз (Кавказ)	Руда для вольфрама и его соединений, ювелирное дело	Кальцит (но выше твердость и менее совершенная спайность); кварц (но ниже твердость и средняя спайность)	Растворяется в азотной и соляной кислотах с выпадением желтоватого осадка вольфрама
Неровный	Моноклиная, удлиненные, короткопризматические кристаллы, крупнозернистые агрегаты	Гидротермальное (касситерит, кварц, берилл) — Шерлова гора (Забайкалье), россыпи	Важнейшая руда вольфрама, применяется в измерительных приборах, рентгеновских аппаратах	Сфалерит (но иная форма выделений и иной характер спайности)	В кислотах не растворим

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
52	 Эритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (греч. erythros — <i>красный</i>), кобальтовые цветы	Темно-розовый, малиновый, персиково-розовый	Блекло-розовая	Стекланный, перламутровый	1,5–2,5	2,9–3	Совершенная
53	 Аннабергит $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (по месторождению Аннаберг в Саксонии), никелевые цветы	Яблочно-зеленый, грязно-зеленый, изумрудно-зеленый	Светло-зеленая, белая	Стекланный, матовый	2–3	3–3,1	Совершенная
Галоиды							
54	 Бирюза $\text{Cu}(\text{Al, Fe})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (перс. фируза — <i>камень счастья</i> , или перс. пируз — <i>одерживающий победу</i>)	Небесно-голубой, голубовато-зеленый	Зеленовато-белая	Стекланный, восковой	5–6	2,8–2,9	Совершенная
55	 Галит NaCl (греч. ἅλς — <i>соль</i>), каменная соль	Бесцветный, красный, желтый, синий	Белая	Стекланный	2–2,5	2,2–2,3	Совершенная
56	 Сильвин KCl (в честь химика Франциска Сильвия)	Бесцветный (водяно-прозрачный), молочно-белый, темно-красный, розовый	Белая	Стекланный, жирный	2	1,9–2	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Игольчатый	Моноклинная, игольчатые или тонкопластинчатые, волокнистые кристаллы, радиально-лучистые землистые агрегаты, почки, пленки	Зоны окисления рудных месторождений — Дашкесанское (Азербайджан)	Индикатор находящихся рядом кобальтовых руд, самородного серебра, иногда используется для окраски стекла	—	При нагревании издает запах чеснока, растворяется в соляной кислоте, окрашивая раствор в красно-розовый цвет
Ступенчатый	Моноклинная, землистые массы, микрокристаллические, редко волокна	Зоны окисления рудных месторождений — Аннаберг (Германия), кальцит	Применяется для получения никеля	—	Плавится, выделяя запах чеснока, растворяется в кислотах
Раковистый	Триклинная, массы почковидной или неправильной формы, конкреции, корки, прожилки	Экзогенное (лимонит) — Маданское (Иран)	Поделочный камень, ювелирное дело	Хризоколла (но выше твердость); малахит (но выше твердость и иной оттенок цвета)	При прокаливании бурет и трескается, растворяется в соляной кислоте
Ступенчатый	Кубическая, кубические кристаллы, зернистые агрегаты, налеты, корки	Осадочное (гипс, ангидрит, сильвин) — Баскунчак (Прикаспий)	Основной источник поваренной соли, сырье для производства соляной кислоты	Сильвин (но соленый вкус); карналлит (но совершенная спайность и соленый вкус)	Плавится, окрашивая пламя в желтый цвет, в воде легко растворяется, имеет приятный соленый вкус
Ступенчатый	Кубическая, кубические кристаллы, зернистые агрегаты, налеты, корочки	Осадочное (гипс, ангидрит, галит) — Соликамское (Урал)	Применяется в сельском хозяйстве как калийное минеральное удобрение	Галит соленый (вкус); карналлит (но совершенная спайность)	Вкус едкий, легко плавится (при 800°C), в воде легко растворяется

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
57	 <p>Флюорит CaF_2 (лат. fluor — <i>поток</i>), плавиковый шпат</p>	Бесцветный, желтый, зеленый, синий, фиолетовый, красный, розовый, черно-фиолетовый	Белая, бесцветная	Стекланный, жирный	4	3,1–3,2	Совершенная
Силикаты, алюмосиликаты							
58	 <p>Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ (назван по оливково-зеленому цвету)</p>	Бутылочно-зеленый, желтый, коричневый, серый, прозрачный (хризолит)	Белая	Стекланный, жирный	6,5–7	3,2–3,5	Несовершенная
59	 <p>Циркон $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ (назв. от персидск. zargūn — <i>золотой камень</i>)</p>	Коричневый, белый, бесцветный, красный, зеленый, желтый, черный	Белая	Алмазный, жирный	7–8	4,2–4,7	Несовершенная
60	 <p>Кианит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (греч. kyanos — <i>синий</i>)</p>	Небесно-голубой, синий, зеленый, желтый, реже бесцветный	Белая	Стекланный, перламутровый	По длине кристалла — 4,5, в поперечном сечении — 6, на гранях — 7	3,56–3,68	Совершенная
61	 <p>Ставролит $\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$ (греч. staurós — <i>крест</i> и lithos — <i>камень</i>)</p>	Красновато-бурый, коричневый, черный, редко темно-синий	Белая	Стекланный	7–7,5	3,7–3,95	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Ступенчатый	Кубическая, кубические, октаэдрические, ромбододекаэдрические кристаллы, щетки, зернистые агрегаты	В рудных жилах — кварц, кальцит, барит, галенит, сфалерит, в известняках — кальцит; в грейзенах — кварц, топаз, берилл; в щелочных — нефелин, микроклин	Флюс в металлургии, химическая, керамическая промышленность	Кварц (но ниже твердость и совершенная спайность)	При нагревании и после облучения ультрафиолетовым светом фосфоресцирует
Раковистый	Ромбическая, плотные массы, кристаллы с хорошо выраженной бипирамидой, чаще зернистые агрегаты	Метаморфическое (талк) — Мариупольское (Украина), магматическое (пироксен, серпентин, хромит) — Урал	Огнеупорный материал, драгоценный камень (перидот, хризолит)	Диопсид (но средняя спайность); эпидот (но иная форма выделения)	В серной кислоте происходит быстрое разложение, причем кремний выпадает в студенистый осадок
Раковистый неровный	Тетрагональная, остроконечные длиннопризматические и дипирамидальные кристаллы	Магматическое (трахит, базальты) — Урал, Казахстан, россыпи	Основной источник циркония и гафния, драгоценный камень	Рутил (но более высокая твердость); касситерит (но ниже плотность и иная ассоциация)	Радиоактивен
Волокнистый	Триклинная, дощатые, кристаллы, волокнистые, лучистые, листоватые агрегаты	Метаморфическое (корунд, турмалин, рутил) — Борисовское (Юж. Урал)	Производство высокоглиноземистых огнеупоров, глиноземистого фарфора и керамики, поделочный камень	Андалузит (но иная форма кристаллов)	Не плавится, в кислотах нерастворим
Неровный	Моноклинная, кристаллы псевдогексагонально-призматического облика, редко зерна	Метаморфическое (дистен, гранат) — Швейцария, Бразилия	Драгоценный и поделочный камень	Турмалин, альмандин но иная форма кристаллов)	В кислотах не растворяется

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
62	 Топаз $Al_2[SiO_4](F, OH)$ (по месту первой находки на о. Топазиос (Топазион) в Красном море)	Бесцветный, белый, светло-голубой, желтоватый, винно-желтый, розовый	Нет	Стекланный	8	3,4–3,6	Совершенная
63	 Титанит $CaTi[SiO_4]O$ (от химического элемента титана), сфен (греч. sphēn — клин, по форме кристаллов)	Желтый, коричневый или розовый, бурый	Белая	Алмазный, жирный	5–6	3,4–3,6	Несовершенная
64	 Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ (от искажён. названия города Алабанда в Малой Азии)	Красновато-коричневый, оттенки красного темно-малинового, оранжевый, бурый, розовый	Белая	Стекланный	7–7,5	3,7–4,2	Несовершенная
65	 Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ (назв. по цвету от лат. grossularia — крыжовник, син.: гроссулярит)	Бесцветный, белый, оттенки желтого и зеленого коричневого, розовато-красный	Коричневатая-белая	Стекланный	6,5–7	3,5–3,8	Несовершенная
66	 Андрадит $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ (в честь бразил. минералога Жозе Бонифацио де Андрада е-Силва)	Светло-бурый, темно-бурый, коричневый, красный, медно-коричневый	Белая	Стекланный	6,5–7	3,53–4,08	Несовершенная
67	 Уваровит $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ (в честь одного из президентов Российской академии наук графа С. С. Уварова)	Различные оттенки зеленого	Белый	Стекланный	6–7	3,53	Несовершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый ступенчатый	Ромбическая, призматические или короткостолбчатые кристаллы, щетки	Метаморфическое (флюорит, турмалин, касситерит) — Ильменское (Урал), россыпи, грейзены в гранитных пегматитах (слюда, касситерит, вольфрамит)	Драгоценный камень	Кварц (но совершенная спайность и иная форма кристаллов); данбурит (но совершенная спайность)	Хрупкий, кристаллы зональны
Ступенчатый, занозистый	Моноклинная, уплощенные конвертообразные призмы	Магматическое (нефелин, эгирин, полевые шпаты) — Урал, метаморфическое (кальцит, хлорит, эпидот) — Урал	Рудный минерал титана	Циркон (но ниже твердость и иная форма кристаллов); аксинит (но иная окраска и ниже твердость)	Плавится по краям в темное стекло, а с фосфорной солью в восстановительном пламени дает реакцию на титан
Неровный, раковистый	Кубическая, ромбододекаэдры, эллипсоидальные желваки и сплошные массы со скорлуповатой отделенностью, щетки	Магматическое (кварц, кианит, слюда, полевые шпаты) — Индия, Бразилия	Драгоценный камень	Гроссуляр, андрадит (но иная ассоциация); эвдиалит (но иная ассоциация и выше твердость)	Сплавляется в темный магнитный шарик, не растворяется в кислотах
Неровный, раковистый	Кубическая, ромбододекаэдры	Скарновое (эпидот, везувиан, кальцит) — р. Виллой (Сибирь)	В ювелирном деле	Альмандин (но иная ассоциация); везувиан (но иная форма кристаллов)	Сплавляется в светлый немагнитный шарик, в кислотах не растворяется
Неровный, раковистый	Кубическая, октаэдры, сростки, друзы, кристаллические корки	Метаморфическое (магнетит, эпидот, хлорит пирит, кварц) — Дашкесанское (Азербайджан)	Декоративно-коллекционный материал	Альмандин (но иная ассоциация); везувиан (но иная форма кристаллов)	Легко сплавляется в магнитный шарик легко разлагается в соляной кислоте с выделением студневидного кремнезема
Неровный, раковистый	Кубическая, мелкие ромбододекаэдрические кристаллы, образующие друзы, кристаллические корки и щетки	Метаморфическое (серпентинит, хромит) — Бисерть (Урал), Финляндия	Ювелирный камень	Диоптаз (но иная ассоциация и форма кристаллов)	Не плавится, с флюсами реагирует на хром

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
68	 <p>Везувиан $\text{Ca}_{10}(\text{Mg, Fe})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_3[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH, F})_4$ (название получил в 1795 г. по имени вулкана Везувия)</p>	Серый, желто-зеленый, зеленый, изумрудно-зеленый, бурый, черный, красноватый, голубой	Белая	Стекланный, жирный	6,5	3,3–3,4	Несовершенная
69	 <p>Эпидот $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Fe, Al})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}[\text{OH}]$ (франц. <i>epidote</i>, греч. <i>epidotos</i> — <i>приращённый</i>)</p>	Темно-зеленый, синевато-зеленый, черно-зеленый, желтый	Белая, серовато-белая	Стекланный сильный	6–7	3,35–3,38	Совершенная
70	 <p>Берилл $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (греч. <i>beryllos</i>, сине-зелёный драгоценный камень цвета морской воды)</p>	Темно-зеленый (изумруд), зеленый, голубой (аквамарин), розовый (воробьевит), желтовато-белый, серый, желтый (гелиодор)	Белая	Стекланный	7,5–8	2,6–2,9	Несовершенная
71	 <p>Турмалин $\text{Na}(\text{Fe, Mg, Li, Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH, F})_4$ (сингальск. турмали — <i>притягивающий пепел</i>)</p>	Темно-бурый желтый, оранжевый до бурого, бесцветный, голубой до густо-синего, зеленый, розовый, красный	Белая	Стекланный	7–7,5	3–3,2	Отсутствует, весьма несовершенная
72	 <p>Эвдиалит $(\text{Na, Ca})_9\text{Zr}_3[\text{Si}_3\text{O}_9][\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_3]$ (греч. <i>eu</i> — <i>хорошо</i> и <i>dialytos</i> — <i>растворимый, разлагаемый</i>)</p>	Красный, малиново-красный, красновато-бурый, желтовато-бурый, светло-желтый	Белая	Стекланный, жирный	5–5,5	3,1–3,3	Несовершенная


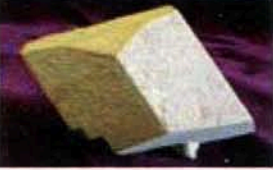




Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый неровный	Тетрагональная, призматические, таблитчатые, пирамидальные кристаллы, щетки, зернистые агрегаты	Метасоматическое (гранат, диопсид, эпидот, кальцит) — Назямские горы (Урал), метаморфическое (серпентинит, гнейсы, сланцы) — Назямские горы (Урал)	Поделочный камень	Гроссуляр-андрадит (но иная форма кристаллов)	Плавится легко, образуя пенистое стекло бурого или светло-зеленого цвета
Раковистый, неровный, занозистый	Моноклинная, призматические кристаллы, плотные, пластинчатые, лучистые, агрегаты	Метаморфическое (кварц, хлорит, гранат, кальцит, магнетит) — Урал, гидротермальное (хлорит, альбит)	Породообразующий минерал	Турмалин, везувиан (но совершенная спайность и иная форма кристаллов)	Плавится с образованием бурого магнитного шарика, в кислотах растворяется с трудом
Раковистый, неровный	Гексагональная, шестигранные призмы, щетки, друзы, шестоватые агрегаты	Пегматитовое (слюда, кварц, топаз, флюорит) — Ильменские горы (Урал)	Один из главных минералов бериллиевых руд, драгоценный камень	Апатит (но выше твердость); кварц (но иная форма кристаллов)	Не плавится, в кислотах нерастворим
Раковистый, неровный	Тригональная, длиннопризматические столбчатые кристаллы	Пегматитовое (кварц, топаз, берилл, апатит) — Мурзинка (Ср. Урал)	Радиотехника, медицина, ювелирное дело	Роговая обманка (но нет спайности)	Проявление пиро- и пьезоэлектричества
Раковистый, неровный	Тригональная, кристаллы толстотаблитчатые, пластинчатые, призматический облик, сплошные зернистые массы	Магматическое (нефелин, натролит, эгирин, апатит) — Хибины (Кольский п-ов)	Второстепенная составная часть полиминеральных циркониевых руд, ювелирное дело	Гранаты (но более низкая твердость и иная ассоциация); эльбаит (но иная форма кристаллов и ассоциация)	Легко сплавляется в зеленое пузырчатое стекло

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
73	 <p>Энстатит $MgSiO_3$ (др.-греч. ἐνστάτης (энстатес) — противник, сопротивляющийся, т. к. тугоплавкий)</p>	Бесцветный, зеленовато-серый, реже буровато-зеленый	Белая	Стекло-канный с перламутровым отливом	5,5	3,1–3,3	Средняя, совершенная
74	 <p>Гиперстен $(Fe, Mg) SiO_3$ (греч hyper — <i>сверх</i>, sthenos — <i>сила, прочность</i>)</p>	Черно-бурый, черный, зеленый	Белая	Стекло-канный	5,5–6	3,4–3,5	Совершенная
75	 <p>Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$ (греч. δυ — <i>два, двойной</i> и ὄψις — <i>вид, обличье</i>)</p>	Серый, бесцветный, зеленый	Белая	Стекло-канный	5,5–6	3,3–3,4	Совершенная
76	 <p>Авгит $(Ca, Na) (Mg, Fe, Al) [Si, Al)_2O_6]$ (др.-греч. αὐγή — <i>сияние, блеск</i>)</p>	Черный с буроватым оттенком, зеленовато-черный, темно-зеленый	Белая	Стекло-канный	5–6	3,3–3,5	Средняя
77	 <p>Эгирин $NaFe[Si_2O_6]$ (древнесканд. Ægir — Эгир, скандинавский бог морей)</p>	Зеленовато-черный, темно-зеленый, бурый	Белая, светло-зеленая	Стекло-канный	5,5–6	3,4–3,6	Совершенная







Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый	Ромбическая, кристаллы таблитчатые, призматические, вкрапленники, зернистые агрегаты	Магматическое (оливин, тальк) — Урал, Якутия	Поделочный камень	Диопсид-геденбергит (но металловидный блеск)	Плавится с трудом, в кислотах не растворяется
Неровный	Ромбическая, плотные, зернистые агрегаты	Магматическое (титанит, оливин, лабрадор) — Германия, Канада	Поделочный камень	—	Плавится в зеленоваточерное стекло
Неровный, ступенчатый	Моноклиная, короткопризматические, таблитчатые кристаллы, щетки, зернистые агрегаты	Магматическое (габбро, диабаз, пироксенит) — Якутия, метасоматическое (волластонит, гранат) — Назямские горы (Урал)	Декоративный камень	Авгит (но иная форма кристаллов и более светлая окраска)	Плавится с трудом
Раковистый, неровный	Моноклиная, короткостолбчатые, игольчатые, толстотаблитчатые кристаллы, сплошные зернистые массы	Магматическое (магнетит, оливин, плагиоклазы) — Урал, Грузия	В граненом виде идет на украшения	Диопсид (но иная форма кристаллов и более темная окраска)	В кислотах, за исключением плавиковой, не разлагается
Неровный	Моноклиная, столбчатые, игольчатые кристаллы, шестоватые, радиальнолучистые агрегаты	Магматическое (нефелин, титанит) — Вишневые горы (Юж. Урал)	Получаемый при переработке апатитонефелиновых руд эгириновый концентрат применяется для производства облицовочной плитки	Геденбергит (но иная ассоциация)	Легко плавится, в кислотах слабо растворяется

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
78	 <p>Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (др.-греч. <i>σποδοῦμενος</i> — <i>обращаемый в пепел</i>)</p>	Бесцветный, красный, желтый, зеленый, фиолетовый (кунцит)	Белая	Стекланный	6,5–7	3,1–3,2	Совершенная
79	 <p>Волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (по имени английского ученого-химика У. Х. Волластона), досчатый шпат</p>	Белый, серый, со временем наблюдается слабое покраснение	Белая	Стекланный	4,5–5	2,78–2,91	Совершенная
80	 <p>Родонит $\text{Mn}_4\text{Ca}[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ (греч. <i>rhodos</i> — <i>розовый цвет</i>), орлец</p>	Розово-красный, малиновый, красноватобурый, красноватосерый.	Белая	Стекланный с перламутровым отливом	5–5,5	3,40–3,75	Совершенная
81	 <p>Актинолит $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (греч. <i>aktis</i> — <i>луч</i> и <i>lithos</i> — <i>камень</i>), лучистый камень</p>	Бутылочно-зеленый, светло-зеленый до темно-зеленого	Белая	Стекланный	5–6	3,1–3,2	Совершенная
82	 <p>Тремолит $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}] (\text{OH})_2$ (по месту первой находки вблизи долины Тремоль, Сен-Готард, Италия)</p>	Белый, серый, зеленоватый	Белая	Стекланный	5,5–6	2,9–3	Совершенная






Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Занозистый	Моноклиная, короткостолбчатые, толстотаблитчатые кристаллы, пластинчатошестоватые агрегаты	Пегматитовое (кварц, полевые шпаты, турмалин) — Туркестанский хребет (Киргизия)	Руда для извлечения лития, драгоценный камень	Берилл (но совершенная спайность и иная форма кристаллов)	Вспучивается и окрашивает пламя в красный цвет, в кислотах не растворяется
Занозистый	Триклинная, таблитчатые, игольчатые, столбчатые сноповидные, листоватые, иногда плотные массы	Метаморфическое (гранат, кианит) — Якутия	Добавка-наполнитель в пластмассах, цветная металлургия шинная, асбоцементная и лакокрасочная промышленности, производство керамики	Тремолит (но другая твердость и разлагается в соляной кислоте с выделением кремнезема)	Плавится с трудом, в соляной кислоте разлагается с образованием геля кремнезема
Неровный, раковистый	Триклинная, плотные сливные или тонкозернистые массы	Гидротермальное (родохрозит, бустамит) — Градище (Болгария), контактово-метасоматическое (родохрозит, руды марганца)	Поделочный и декоративно-отделочный камень	Эвдиалит (но иная ассоциация); родохрозит (но выше твердость)	Определяется по характерной окраске
Занозистый	Моноклиная, радиальношестоватые, волокнистые, сплошные агрегаты, скрытокристаллические (нефрит)	Метаморфическое (серпентин, кварц, тальк, эпидот) — Урал	Наполнитель резины для автопокрышек, поделочный камень	Волластонит (но отличается по цвету и габитусу)	В кислотах растворяется с трудом
Занозистый	Моноклиная, длиннопризматические, игольчатые, волосовидные, войлокоподобные агрегаты	Метаморфическое (диопсид, апатит, титанит, кальцит) — Урал	Поделочный камень	Актинолит (но отличается окраской)	Плавится, образуя бесцветное стекло

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
83	 Ортоклаз К (AlSi_3O_8) (греч. orthos — прямой + klasis — разлом)	Белый, бесцветный, серый, розоватый	Белая	Стекланный	6–6,5	2,55–2,63	Совершенная
84	 Микроклин К [AlSi_3O_8] (греч. mikros — маленький и klinō — наклоняю)	Белый, серый, серовато-желтый, желтоватый	Белая	Стекланный	6–6,5	2,54–2,57	Совершенная
85	 Амазонит (К, Na) $\text{Al}[\text{Si}_3\text{O}_8]$ (происхождение названия спорно)	Светлый синезелёный	Белая	Стекланный	6–6,5	2,55–2,58	Совершенная
86	 Альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (лат. albus — белый)	Белый, розовый	Белая	Стекланный	6–7	2,61–2,63	Совершенная
87	 Лабрадор (Ca, Na) $[(\text{Al}, \text{Si}) \text{AlSi}_2\text{O}_8]$ (по месту находки в провинции Лабрадор, Канада)	Дымчато-серый, тёмно-серый	Белая	Стекланный, иризация (игра света)	6	2,7	Совершенная
88	 Роговая обманка (Na, K) $_{0-1}$ (Ca, Na) $_2$ (Mg, Fe, Al) $_3$ [(Si, Al) $_4$ O $_{11}$] $_2$ (OH, F, Cl, O)	Зеленый, зеленоватый, черно-зеленый, черный	Белая, зеленоватая, зелено-бурая	Стекланный	5,5–6	3,1–3,3	Совершенная

Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Неровный, ступенчатый	Моноклиная, зернистые, плотные агрегаты, двойники	Магматическое (микроклин, плагиоклаз) — Мадагаскар	Породообразующий минерал	Другие полевые шпаты (отличаются под микроскопом)	Растворяется в азотной кислоте
Неровный, ступенчатый	Триклинная, короткостолбчатые кристаллы, двойники, крупнокристаллические агрегаты	Магматическое (кварц, берилл, биотит, нефелин) — Мюден (Германия), Урал	Используется в фарфоро-фаянсовом производстве	Ортоклаз (отличаются под микроскопом)	Название связано с тем, что угол между плоскостями спайности у этого минерала всего на 20° отличается от прямого угла
Ступенчатый	Триклинная, крупнозернистые скопления и жилы	Пегматитовое (альбит, кварц) — Ильменские горы (Урал)	Поделочный камень	Другие полевые шпаты (отличаются по цвету)	Окраска исчезает при нагревании до 300°C и восстанавливается при рентгеновском излучении
Неровный, ступенчатый	Триклинная, таблитчатые кристаллы, двойники, друзы, щетки	Метасоматическое (адуляр, хлорит, эпидот) — Карелия, Урал, магматическое (кварц, слюда, микроклин)	Керамика, коллекционный камень	Ортоклаз и другие полевые шпаты (отличаются под микроскопом)	Плавится с трудом, слабо растворим в кислотах
Неровный, ступенчатый	Триклинная, плотные крупнозернистые агрегаты и вкрапления	Магматическое (оливин, магнетит, пирротин, амфиболы) — Канада, США	Поделочный, облицовочный камень	Отличается от других полевых шпатов цветом и иризацией (игрой цвета)	Плавится, в кислотах растворяется
Шероховатый	Моноклиная, призматические, столбчатые кристаллы	Магматическое, характерна для интрузивных (гранодиориты, сиениты, диориты), эффузивных (андезиты, базальты, порфириды) пород — Урал	Породообразующий минерал	Турмалин (но ниже твердость)	С трудом сплавляется в темно-зеленое стекло, в кислотах не растворяется

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
89	 <p>Каолинит $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_8$ (от китайского Кау-Линг высокая гряда, — название горного района в Китае)</p>	Белый, желтый, зеленоватый, голубоватый, красный	Белая	Матовый	1–1,5	2,58–2,60	Совершенная
90	 <p>Серпентин $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_8$ (от лат. serpent — змея), змеевик</p>	Зеленый, темный, черно-зеленый, желтый, пятнистый	Белая	Стекло-образный, жирный, восковой	2,5–3,5	2,5–2,7	Совершенная
91	 <p>Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ (персид. tal, араб. talq — чистый), жировик</p>	Белый, желтоватый, серый, зеленоватый	Белая	Жирный, перламутровый	1	2,7–2,8	Весьма совершенная
92	 <p>Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$ (от древнего названия г. Москвы)</p>	Серый, белый, бесцветный, светло-желтый, светло-коричневый	Белая	Стекло-образный, перламутровый	2–3	2,76–3,10	Весьма совершенная
93	 <p>Флогопит $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$ (греч. phlogos — огнеподобный, по цвету)</p>	Желтовато-бурый, красно-бурый, реже бесцветный	Белая	Стекло-образный, перламутровый	2–3	2,70–2,85	Весьма совершенная
94	 <p>Биотит $K(Fe, Mg)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$ (по фамилии французского физика и минералога Ж. Био)</p>	Черный, темно-бурый, темно-зеленый	Белая	Стекло-образный, перламутровый	2–3	3,02–3,12	Весьма совершенная

Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Раковистый	Моноклиная, тонкие шестиугольные хорошо образованные таблички, плотные землистые массы	Экзогенное (глины, мергели) — Кыштымское (Юж. Урал)	Для изготовления фарфора	Диккит (но иная ассоциация)	Не плавится, разлагается в серной кислоте, липнет к языку, жирный на ощупь
Неровный, раковистый	Моноклиная, волокнистые, листоватые кристаллы, плотные массы	Метаморфическое (оливин, хромит, брусит) — Молодежное (Бурятия)	Огнеупор, теплоизолятор, стойкий к щелочам материал	Хлориты (но другая форма агрегатов)	Растворяется в соляной и серной кислотах
Листоватый чешуйчатый	Моноклиная, таблички, псевдогексагональные листочки, чешуйчатые агрегаты	Метаморфическое (хлорит, серпентинит) — Урал	Наполнитель в резиновой, бумажной отраслях промышленности, медицина, керамика	Пирофиллит (но ассоциирует с минералами магния)	Не плавится, в кислотах не растворяется
Листоватый чешуйчатый	Моноклиная, таблитчатые, пластинчатые кристаллы, чешуйчатые агрегаты	Магматическое, метаморфическое (кварц, биотит) — Слодородник (Юж. Урал)	Промышленность стройматериалов и производство электроизоляционной бумаги, радиотехника	Флогопит (но иная ассоциация); маргарит (но ниже твердость)	Кислотами не разлагается
Листоватый чешуйчатый	Моноклиная, таблитчатые, короткопризматические кристаллы	Метасоматическое (доломит, диопсид, шпинель, форстерит) — Слюдянка (Прибайкалье)	Промышленность стройматериалов и производство электроизоляционной бумаги, радиотехника	Мусковит, биотит (но иная ассоциация), хлорит (но более высокая твердость)	Плавится с трудом
Листоватый чешуйчатый	Моноклиная, столбчатые, псевдогексагональные, таблитчатые кристаллы	Метаморфическое (кварц, гранаты, пироксены) — Урал, магматическое (кварц, полевые шпаты) — Кавказ	Блестки для игрушек, театральных декораций, размолотым добавляется в черепицу, применяется как изоляционный материал	Флогопит (но иная ассоциация)	В кислотах растворяется

№ п/п	Название, формула, синоним	Цвет	Черта	Блеск	Твердость	Удельный вес	Спайность
95	 <p>Лепидолит К $(\text{Li, Al})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH, F})_2$ (греч. <i>lepis</i> — чешуя и <i>lithos</i> — камень)</p>	Бледно-розовый, розовато-серый, розовато-красный, сиреневый	Белая	Стекланный, перламутровый	2–3	2,8–2,9	Весьма совершенная
96	 <p>Хлорит $(\text{Mg, Fe, Al})_{4-6}[(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (греч. <i>хлорос</i> — зеленый, за окраску)</p>	Светло-зеленый, темно-зеленый	Белая	Стекланный, перламутровый	2–2,5	2,7–2,9	Весьма совершенная
97	 <p>Нефелин $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_3$ (греч. <i>nephelē</i> — облако)</p>	Белый, водяно-прозрачный, светло-серый, желтоватый, зеленоватый, буроватый	Белая	Стекланный, жирный	5,5–6	2,6–2,65	Несовершенная
98	 <p>Содалит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{C}_{12}]$ (назван по содержанию Na, по англ. <i>sodium</i>)</p>	Синий, серый, белый, желтоватый, бесцветный	Белая	Стекланный	5,5–6	2,13–2,29	Несовершенная
99	 <p>Лазурит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4]$ (перс. «درؤال» — <i>лājвард</i> — синий камень)</p>	Лазурно-синий, темно-синий	Светло-голубая	Стекланный	5,5–6	2,38–2,42	Несовершенная

Излом	Сингония, габитус, форма нахождения	Генезис, (парагенетические ассоциации), месторождение	Применение	Сходные минералы и отличия (Булах и др., 2008)	Доп. сведения
Чешуйчатый, листоватый	Моноклинная, таблитчатые, чешуйчатые кристаллы	Метаморфическое (кварц, мусковит, сподумен) — Казахстан	Одна из составных частей литиевых руд, пиротехника, медицина и т. д.	Мусковит (но иной цвет)	Легко сплавляется с образованием белой эмали, в кислотах растворяется с трудом
Чешуйчатый, ступенчатый	Моноклинная, листоватые и скрытокристаллические агрегаты	Метаморфическое (кварц, доломиты) — Швейцария, Италия	В промышленности	Слоды (но иной цвет и более низкая твердость)	Растворяется в кислотах
Раковистый неровный	Гексагональная, призматические, короткостолбчатые, толстотаблитчатые кристаллы, сплошные массы	Магматическое (эгирин, апатит) — Хибины (Кольский п-ов)	Производство алюминия, соды, стекольная, кожевенная промышленность	Кварц (но менее высокая твердость, иные ассоциации и характер выветривания)	Плавится легко, растворяется в соляной кислоте
Раковистый неровный	Кубическая, ромбодекаэдрические кристаллы, зернистые массы	Магматическое (нефелин, эгирин) — Ильменские горы (Урал)	Катализатор в различных реакциях, поделочный камень	Лазурит (но иная ассоциация и цвет)	В кислотах легко растворяется
Раковистый	Кубическая, плотные, аморфные агрегаты	Метасоматическое (кальцит, диопсид, флогопид) — Бадахшанское (Афганистан)	Поделочный камень	Содалит (но иная ассоциация)	Сплавляется в белое стекло, разлагается в соляной кислоте с выделением сероводорода

Список минералов и их номера в таблице для определения минералов

Авгит	76	Малахит	42
Азурит	43	Манганит	34
Актинолит	81	Марказит	17
Альбит	86	Медь	2
Альмандин	64	Микроклин	84
Амазонит	85	Молибденит	12
Ангидрит	46	Мусковит	92
Андрадит	66	Нефелин	97
Аннабергит	53	Оливин	58
Антимонит	9	Опал	26
Апатит	48	Ортоклаз	83
Арагонит	40	Пентландит	13
Арсенопирит	18	Перовскит	29
Аурипигмент	11	Пирит	16
Барит	44	Пиrolюзит	31
Берилл	70	Пирротин	7
Биотит	94	Реальгар	10
Бирюза	54	Роговая обманка	88
Борнит	15	Родонит	80
Брусит	35	Родохрозит	36
Везувиан	68	Рутил	28
Вивианит	49	Сера	4
Волластонит	79	Серпентин	90
Вольфрамит	51	Сидерит	37
Галенит	5	Сильвин	56
Галит	55	Содалит	98
Гематит	22	Сподумен	78
Гётит	24	Ставролит	61
Гиперстен	74	Сфалерит	6
Гипс	47	Тальк	91
Графит	3	Титанит(=сфен)	63
Гроссулярь	65	Топаз	62
Диаспор	33	Тремолит	82
Диопсид	75	Турмалин	71
Доломит	41	Уваровит	67
Золото	1	Флогопит	93
Ильменит	30	Флюорит	57
Кальцит	39	Халькопирит	14
Каолинит	89	Хлорит	96
Касситерит	27	Хромит	32
Кварц	25	Целестин	45
Кианит (=дистен)	60	Циркон	59
Киноварь	8	Шеелит	50
Кобальтин	19	Шпинель	21
Корунд	20	Эвдиалит	72
Лабрадор	87	Эгирин	77
Лазурит	99	Энстатит	73
Лепидолит	95	Эпидот	69
Магнезит	38	Эритрин	52
Магнетит	23		

УСТАРЕВШИЕ НАЗВАНИЯ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Автор В. А. Русанов из книг А. Е. Ферсмана (1959а, б, 1954, 1960, 1974, 2000, 2003), М. И. Пыляева (1896), П. П. Бажова (1987, 1952; <http://lukoshko.net/menubazh.shtml>; http://slovobelova.ru/?page_id=2639) собрал интересную информацию о названиях минералов, которые использовались в древности. Эти сведения могут помочь нам при чтении произведений классиков прошлого или трудов Авиценны и других ученых прошлого (http://zhurnal.lib.ru/r/rusanow_wladislaw_adolfowich/kamni.shtml).



Павел Петрович Бажов



Михаил Иванович Пыляев

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/jpg>

<http://books.yandex.ru/author.xml?authorid=2330763&p=4>

Августит — древнее название аквамарина высокого качества густо-синего цвета.

Агатес — агат.

Адамант — алмаз.

Алатырь, или латырь, — янтарь.

Алмаз — алмаз. В древности торгового значения алмаз не имел и не представлял большой ценности. В торговой книге для русских купцов 1575 и 1610 гг. цена его не обозначена, и он не упоминается в главе «О всяких каменьях дорогих». На Руси алмаз появился значительно позднее, чем в Западной Европе, причем первые камни пришли из Индии. Индия обычно использовала природные кристаллы, у которых сохранилась форма октаэдра; изредка его стороны гранились до получения некоторого блеска. Впервые алмазы научились гранить в Париже, где в 1454 г. отличался этим искусством Луи Беркен. На Руси бриллианты стали появляться лишь около 1500 г., сначала плоские «розы», а позднее (около 1550–1600 гг.) с настоящей бриллиантовой гранью.

Альмандин в глубокой древности называли карбункулом и антраксом; в средние века — карфункельштейном и, наконец, в наше время — гранатом или венисой. Последнее название встречается в России в XVI веке.

Антавент — камень наших русских былинных песен; природа его не выяснена.

Антракс — см. альмандин.

Аспид — мрамор и сланец черного цвета. Работа «аспидом», т. е. под мрамор.

Бакан — древнее русское название орлеца. Баканными алмазами в старину называли также бриллианты с грязным оттенком.

Балангус — старинное русское название бледного рубина.

Баус, или богус, — малоценные синие камни, например кианит, кордиерит, индиголит, светлый сапфир и др. Возможно, что название «баус» связано с именем Иеремии Бауса, известного торговца драгоценными камнями и посланника английской королевы Елизаветы, бывшего в Москве при Иване Грозном.

Белир — по всей вероятности, берилл.

Бечета, или бичета, — от восточного слова «баджади»; старинное русское название малоценных красных камней. В русской торговой книге XVI века говорится: «Бечет значит к свету: в нем как пузырьки». Чаще всего это обозначало гранат (альмандин).

Бурмицкое зерно — см. жемчуг.

Вареник — древнее русское название красноватого аметиста. В торговой книге XVI века о нем сказано: «А вареник знати: хотя и красен, ино целое место светит бело, как и всякий хрусталь, а кой

весом же тянет вареник четыре золотника и только бы таковы велики, как яхонты, и цветом в ту же краску как лал, купити 2 камня в 100 рублей и дороже, а один, как яхонт, купити на тот же образец в 50 рублей».

Вениса — см. альмандин.

Вериллос — белир, берилл. В «Сказаниях русского народа» говорится: «Вериллос — камень весьма драг».

Горное сало — минерал тальк, весьма мягкий, мутно-белого цвета (иногда слабо-прозрачный).

Гранат — см. альмандин.

Жад — до середины XIX века так называли нефрит и жадеит.

Жемчуг — бурмицкое (бурмитское) зерно — старинное русское название, происходящее от испорченного слова «урмитское», или, вернее, «ормусское» зерно, т. е. зерно из города Ормуса у Персидского залива, где еще в древности ловили и продавали жемчуг. Есть предположение, что название бурмитское зерно произошло от испорченного слова «гурмышское» (Гурмышское, т. е. Апское, море): «еже есть Гурмышское море, в нем же жемчуг родится». Несомненно, что название «кафимский» жемчуг произошло от г. Кафы, нынешней Феодосии, где, по всей вероятности, еще генуэзцы и греки ловили и продавали жемчуг.

Златоискр — см. искряк.

Заберзат, или зебаржда, — по предположению одних исследователей, индийский хризоберилл густого желто-зеленого цвета с игрой и переливом лучей, встречавшийся весьма редко; на Востоке он ценился почти так же, как алмаз; другое предположение: слово «заберза» произошло от армянского корня и обозначало аквамарин (берилл).

Иакинф — под этим именем в старину в России известен был гиацинт, обладавший, как тогда полагали, свойством тушить огонь.

Иаспис — см. яспис (яшма).

Иония — старинное название красноватого топаза.

Искряк — минерал авантюрин.

Калаиг — бирюза.

Карбункул — альмандин.

Карфункельштейн — альмандин.

Карфункулос — «камень есть тако, зело драг, иж всем камням господин видом аки уголь, но-щю светит, сей камень есть гнездо камню топазию». Это гранат.

Королек — старинное русское название коралла, выточенного в форме шариков и другими более или менее шарообразными формами. На шубе Бориса Годунова было 15 корольков на вороту и в прорехах опашней и по 16 корольков на серебряных спнях (роль заставок) с жемчужными за-крепами.

Кремневый дикарь — горный хрусталь.

Кровавик — минерал гематит, разновидность железной руды. Оставляет красный след на не-лазурированном фарфоре.

Лазоревка — минерал лазурит.

Лал (уменьшительное лалик) — от арабского слова l'al. На Востоке все драгоценные камни красного цвета называются лалами; у нас же этим именем означают только красные камни «вто-рой цены». Должно полагать, что под словом «лал» в старину подразумевали красную китайскую шпинель.

Нилум — древнее название кианита, или цианита (дистен).

Ногат — оникс, разновидность агата.

Орлиный камень — глинистый бурый железняк эллипсоидальной или шарообразной фор-мы с пустотой внутри. Греки предполагали, что они особенно нравятся орлам, которые заносят их в свои гнезда.

Пандаура — под этим именем в сочинении Н. Разумовского описан бразильский кварц, заклю-чающий в трещинах своих окисел титана карминно-красного цвета, т. е. иглы рутила. Разумовский отличает два рода таких камней: одни приготавливаются искусственно (в Индии и Китае) посред-ством быстрого охлаждения раскаленного горного хрусталя в каких-нибудь окрашенных в красный цвет растворах; другие — естественные, находятся в природе готовыми.

Перелявть — переливт, от греческого корня «очень белый».

Пинк — древнее название топаза красно-оранжевого цвета.

Плазма — древнее название гелиотропа или хризопраза.

Радужник — лабрадорит, горная порода высокой твердости от темно-серого до черного цвета с радужным блеском («глазки»).

Рубиновый шпат — см. бакан.

Смазань, смоляк, струганец — дымчатый кварц. Позднее, в XVIII веке, его стали называть тальяшником, по имени итальянцев, работавших на Урале. Струганец, или строгонец, — старый термин горщиков Урала, как бы остроганный кристалл.

Суслик сибирский, или темный хрустальный флюс, — дымчатый кварц.

Таусинный камень — сапфир и лабрадор с отливом павлиньего пера. Корень слова происходит от персидского «тауси» — павлин. В старину в России таусинный цвет считался самым нарядным и роскошным.

Тирон — упоминается в русских былинных песнях. Природа его не выяснена.

Тумпаз — так назывался по-древнеславянски топаз (обычно горный хрусталь или дымчатый топаз).

Туркиз — турецкий камень, бирюза.

Фатис — древнерусское название гиацинта (предположительно).

Халцедон — агат.

Целен ятес — неизвестный нам теперь камень. Надо полагать, селенит. По сказаниям древних, камень этот ощущал на себе влияние луны.

Шпинария — шпинель, красный камень — лал.

Юга — сибирское название бесцветного кварца (горного хрусталя), ограненного в виде вставки с удлиненными фасетами.

Яспис — от греческого слова *iais* (исцеляю). Древнее название египетской зеленой яшмы с красными крапинками (гелиотроп); по-русски — яшма. В глубокой древности этому минералу приписывали свойства исцелять многие болезни. Так, на Афонской горе, в монастыре Ватопеде, тщательно сохранялась чаша из ясписа, принесенная в дар монастырю греческим императором Мануилом. По преданиям, она противодействует ядам и исцеляет все болезни.

Яхонт — происходит или от персидского «якут», или от греческого «гиацинт». Под словом «яхонт» в старину в России подразумевали сапфир, рубин и другие красивые виды драгоценного корунда. В русской торговой книге XVI века предлагаются следующие правила при покупке яхонта:

«Камень яхонт червчат, или синь, или чал: смотри, чтоб вода была чиста, доброго почка с полтину и больше, а кой велик купят в вес и больше полтины, а кой меньше весом, той дешевле ценою; яхонт камень червлен по русской цене в ползолотника самого хорошего цвета купят в пять рублей, а тот же получше в десять рублей, а кой весом в золотник, тот купят в 20 рублей; а кой хорош цветом и в 30 и в 40 р., а кой камень весом более золотника, и тому цена бывает поболее, у большого цены прибывает в вес вдвое. А коли попадет великой камень яхонт червчат, хоть и дорог, купи, только в ласткино яйцо пригодился бы государю царю, и выдайте тот 100 рублей и более, а у цены не устойте. Лучшие яхонты живут фряжские. Синие яхонты золотник купят кой на голубе в два рубля; синий цвет кой светел, золотник купят в 4 р., а кой велик потому ж купити, рассчитая вес; а в 2 золотника купят в 5 рублей, в 4 золотника в 15 рублей купят; а более того весом, то тому и цена дороже; а кой яхонт синь добре, тот купят и две цены тем же весом, а были бы чисты, как сквозь видети».

Яшур — этим именем в старину называли неизвестный теперь, недорогой камень белого цвета.

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Сколько времени продолжается образование минералов в природе?

Интересные данные о росте кристаллов можно узнать из книги Б. З. Кантора «Коллекционирование минералов» (1982).

Прямых данных о скорости роста минералов немного. Вот несколько примеров:

- выполнение кварцем трещины шириной 30 см (по расчету) — 2,7 года (0,3 мм/сутки);
- выполнение гематитом трещины шириной 1 м (извержение Везувия) — 10 дней (50 мм/сутки, рост одновременно с обеих сторон трещины);
- рост кристаллов гипса (оз. Сакское, Крым) — 0,001–0,008 мм/сутки;
- рост арагонита из горячих источников (Карловы Вары, Чехословакия) — 0,7 мм/сутки;
- рост кальцита из горячих источников (Камчатка) — 0,0055 мм/сутки;
- рост оливина в расплаве базальта (Камчатка) — 0,6 мм/сутки.

Дополнительную ценную информацию дает легко контролируемое выращивание искусственных минералов (мм/сутки):

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| — алмаз 1,6–3,2; | — апатит 6,5; |
| — корунд 0,3–365; | — прустит 7; |
| — кварц 0,06–40; | — цеолиты 0,0005–0,015. |

Чтобы поближе познакомиться с таинственным миром многогранников, попробуйте вырастить кристалл сами. Выращивание кристаллов — процесс очень интересный, и результат, если конечно проявить терпение, всегда будет потрясающим.

Замечательную статью с рекомендациями по выращиванию кристаллов мы обнаружили на сайте «Занимательная химия». Приводим ее в полном объеме (<http://www.kristallikov.net/>).

Выращивание кристаллов в домашних условиях производят разными способами. Например, охлаждая насыщенный раствор. С понижением температуры растворимость веществ уменьшается, и они выпадают в осадок. Сначала в растворе и на стенках сосуда появляются крошечные кристаллы-зародыши. Когда охлаждение медленное, а в растворе нет твердых примесей (пыли, мусора), зародышей образуется немного, и постепенно они превращаются в красивые кристаллики правильной формы. При быстром охлаждении возникает много мелких кристалликов, почти никакой из них не имеет правильную форму, ведь их растет множество и они мешают друг другу.

Выращивание кристаллов можно осуществить и другим способом — постепенным удалением воды из насыщенного раствора. И в этом случае чем медленнее удаляется вода, тем лучше получается результат. Оставьте открытым сосуд с раствором при комнатной температуре на длительный срок, накрыв его листом бумаги, — вода при этом будет испаряться медленно, и пыль в раствор попадать не будет. Растущий кристаллик можно либо подвесить в насыщенном растворе на тонкой прочной нитке, либо положить на дно сосуда. В последнем случае кристаллик периодически надо поворачивать на другой бок. По мере испарения воды в сосуд следует подливать свежий раствор. Даже если наш исходный кристаллик имел неправильную форму, он рано или поздно сам выправит все свои дефекты и примет форму, свойственную данному веществу, например, превратится в октаэдр, если используете соль хромокалиевых квасцов, ромб — если используете медный купорос.

Теоретически размер кристалла, который можно вырастить в домашних условиях таким способом, неограничен. Известны случаи, когда энтузиасты получали кристаллы такой величины, что поднять их могли только с помощью товарищей.

Но, к сожалению, есть некоторые особенности их хранения (конечно, каждая соль и вещество имеют свои особенности). Например, если кристаллик квасцов оставить открытым в сухом воздухе, он, постепенно теряя содержащуюся в нём воду, превратится в невзрачный серый порошок. Чтобы предохранить его от разрушения, можно покрыть бесцветным лаком. Медный купорос и поваренная соль более стойки, и вы смело можете с ними работать.

Будем выращивать кристаллы соли. У всех у нас есть дома обычная пищевая соль (как, наверное, знаете, ее химическое название хлорид натрия NaCl). Подойдет и любая другая соль (соль — с химической точки зрения), например, можно получить красивые синие кристаллы из медного купороса или любого другого купороса (например, железного). Можно использовать квасцы (двойные соли металлов серной

кислоты), тиосульфата натрия (раньше использовался для изготовления фотографий). Для всех этих солей не требуется особых условий: сделали раствор, опустили туда «зародыш» (все это подробно описано ниже), и растет он себе, каждый день прибавляя в размерах.

Да, не следует раскрашивать раствор, где растет ваш кристалл, например, красками или чем-нибудь подобным — это лишь испортит сам раствор, а кристалл все же не покрасит! Лучший способ получить цветные кристаллы — это подобрать нужную по цвету соль! Но будьте внимательными: например, кристаллы желтой кровной соли имеют красно-оранжевый цвет — а раствор получается желтым.

Вот теперь можем приступить!

Кристаллы поваренной соли. Кристаллы поваренной соли — процесс выращивания не требует наличия каких-то особых химических препаратов. У нас всех есть пищевая соль (или поваренная соль), которую мы принимаем в пищу. Ее также можно назвать и каменной — все одно и то же. Кристаллы поваренной соли (галита) NaCl представляют собой бесцветные прозрачные кубики.

Разведите раствор поваренной соли следующим образом: налейте воды в емкость (например, стакан) и поставьте его в кастрюлю с теплой водой (не более $50\text{--}60^\circ\text{C}$). Насыпьте пищевую соль в стакан и оставьте минут на 5, предварительно помешав. За это время стакан с водой нагреется, а соль растворится. Желательно, чтобы температура воды пока не снижалась. Затем добавьте еще соль и снова перемешайте. Повторяйте этот этап до тех пор, пока соль уже не будет растворяться и будет оседать на дно стакана. Мы получили насыщенный раствор соли. Перелейте его в чистую емкость такого же объема, избавившись при этом от лишней соли на дне. Выберите любой понравившийся более крупный кристаллик поваренной соли и положите его на дно стакана с насыщенным раствором. Можно кристаллик привязать за нитку и подвесить, чтобы он не касался стенок стакана. Теперь нужно подождать. Уже через пару дней можно заметить значительный для кристаллика рост. С каждым днем он будет увеличиваться. А если проделать все то же еще раз (приготовить насыщенный раствор соли и опустить в него этот кристаллик), то он будет расти гораздо быстрее (извлеките кристаллик и используйте уже приготовленный раствор, добавляя в него воды и необходимую порцию пищевой соли). Помните, что раствор должен быть насыщенным, то есть при приготовлении раствора на дне стакана всегда должна оставаться соль (на всякий случай). Для сведений: в 100 г воды при температуре 20°C может раствориться приблизительно 35 г поваренной соли. С повышением температуры растворимость соли растет.

Так выращивают кристаллы поваренной соли.

Кристаллы медного купороса. Кристаллы медного купороса выращиваются так же, как галита. Сначала готовится насыщенный раствор соли, затем в этот раствор опускается понравившийся маленький кристаллик соли медного купороса. Если вы решили не переливать раствор из емкости, в которой его готовили, то надо кристаллик подвесить, чтобы он не касался других кристалликов, оставшихся на дне. Можно избежать роста отдельных граней кристаллика. Для этого на эти грани надо нанести раствор вазелина или жира.

Кристаллы меди. Теперь вырастим красные кристаллы меди. Нам необходимы медный купорос, поваренная соль, стальная пластинка по форме сечения емкости (немного меньшего периметра, можно использовать стальную стружку или кнопки), где будут расти кристаллы меди, и кружок из промокающей бумаги по форме сечения. Итак, положите немного медного купороса на дно пузырька (равномерно по площади). Сверху насыпьте поваренной соли и закройте все это вырезанным кружком бумаги. На нее положите железную пластинку (или засыпьте стальной стружкой). Все это вместе надо залить насыщенным раствором поваренной соли (такой раствор мы готовили из поваренной соли). Оставьте емкость приблизительно на неделю. За это время вырастут иглоугольные красные кристаллы меди. Когда идет процесс роста, старайтесь не переносить емкость, а также очень нежелательно изымать кристаллики из раствора.

Можно вырастить **многослойные разноцветные кристаллы соли**. Их получают путем приготовления растворов квасцов (двойные соли серной кислоты) и переносят поочередно выращиваемый кристаллик из одного раствора в другой. Если смешать горячие концентрированные растворы сульфатов алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и калия $\text{K}_2(\text{SO}_4)$, а полученный раствор охладить, то из него начнут кристаллизоваться квасцы — двойной сульфат калия и алюминия $2\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Квасцы растворяются в воде так: 5,9 г на 100 г воды при 20°C , но уже 109 г — при 90°C в пересчете на безводную соль. При хранении на воздухе квасцы выветриваются. При температуре $92,5^\circ\text{C}$ они плавятся в своей кристаллизационной воде, а при нагревании до 120°C обезвоживаются, переходя в жженые квасцы, которые разлагаются лишь при температуре

выше 700 °С. Молекулы воды, входящие в состав квасцов, связаны химической связью с ионами калия и алюминия, поэтому соли квасцов имеют формулу, которую правильнее записывать в виде комплексной соли $[K(H_2O)_6][Al(H_2O)_6](SO_4)_2$.

Итак, процесс выращивания кристаллов в домашних условиях разделим на основные этапы:

Этап 1. Растворить соль, из которой будет расти кристалл, в подогретой воде (подогреть нужно для того, чтобы соли растворилось немного больше, чем может раствориться при комнатной температуре). Растворять соль до тех пор, пока не будете уверены, что соль уже больше не растворяется (раствор насыщенный!).

Этап 2. Насыщенный раствор перелить в другую емкость, где можно производить выращивание кристаллов (с учетом того, что он будет увеличиваться). На этом этапе следите, чтобы раствор не особо остывал.

Этап 3. Привяжите на нитку кристаллик соли, нитку привяжите, например, к спичке и положите спичку на края стакана (емкости), где налит насыщенный раствор. Кристаллик опустите в насыщенный раствор.

Этап 4. Перенесите емкость с насыщенным раствором и кристалликом в место, где нет сквозняков, вибрации и сильного света (выращивание кристаллов требует соблюдения этих условий).

Этап 5. Накройте чем-нибудь сверху емкость с кристалликом (например, бумагой) от попадания пыли и мусора. Оставьте раствор на пару дней.

Важно помнить!

1. Кристаллик нельзя при росте без особой причины вынимать из раствора.
2. Не допускать попадания мусора в насыщенный раствор.
3. Периодически (раз в неделю) менять или обновлять насыщенный раствор.

Оборудование: соль для выращивания кристаллов (если вы еще никогда не выращивали кристаллов, то советую использовать медный купорос; он продается в садоводческих и хозяйственных магазинах и из него получают красивые синие кристаллы), сосуды на 500 мл, фильтровальная бумага или вата, толстые нитки, каркасы.

Выращивание кристаллов медного купороса. Основные этапы



Этап 1. Растворяем соль в подогретой воде



Этап 2. Мешаем до полного растворения (до тех пор, пока соль не будет больше растворяться)



Этап 3. Привязываем и опускаем в перенасыщенный раствор нитку



Этап 4. Даем раствору остыть и ждем появления малых кристаллов медного купороса



Этап 5. Кристалл медного купороса — если подождать подольше!



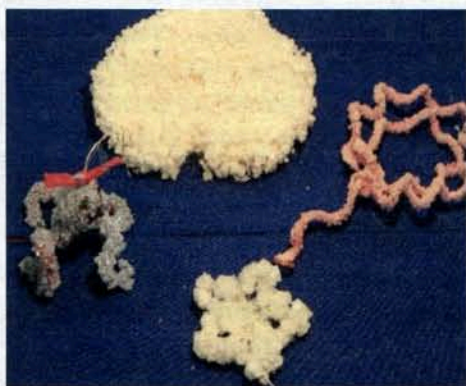
А можно пофантазировать и сделать вот так!

<http://urai.net.ru/crystal/>

Есть еще один интересный сайт — <http://urai.net.ru/crystal/p34aa1.html>. Автор программы дистанционного профильного курса — учитель физики МОУ СОШ № 5 г. Урай О. М. Батенева — очень доступно рассказывает о кристаллах и условиях их образования.

Опыт 1. Выращивание сростков кристаллов

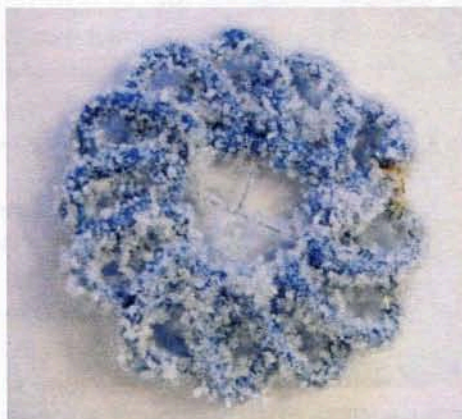
Нальем в сосуд на 500 мл горячей вскипяченной воды. Насыпаем туда соль, из которой собираемся растить кристаллы (медный купорос, алюмокалиевые квасцы и т. д.) и тщательно размешаем. Сделаем раствор пересыщенным (так, чтобы в нем больше нельзя было растворить соли), а затем профильтруем его. Опустим в раствор нитку так, чтобы она не касалась стенок и дна банки, и не будем закрывать горло сосуда, иначе вода не сможет испаряться. Далее поставим сосуд с ниткой остывать, и уже через несколько часов мы увидим наросшие на нитку кристаллики. Дадим пару дней им подрасти, потом вынем из раствора обросшую кристалликами нитку. Далее можно подогреть сосуд с раствором до кипения, стараясь растворить осадок соли на дне сосуда (если этого не будет хватать до насыщения раствора, добавить еще соли). После того как мы донасытим раствор, нужно дать ему выстояться 3–5 часов, а затем опустить туда нитку с кристалликами. Так мы порастим ее еще пару дней. Эту процедуру можно повторять до тех пор, пока не удовлетворимся размером сростка кристаллов.



Такие нитки по красоте могут соперничать с искусственно ограненными бусами, но, к сожалению, кристаллы, выращенные из водных растворов, обычно очень быстро тускнеют и легко разрушаются (смажьте изделие подсолнечным маслом или покройте лаком).

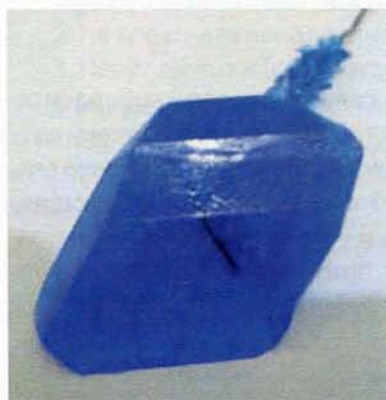
Можно сделать фигурки из кристаллов. Для этого надо приготовить каркас из проволоки, обмотанной обычными нитками или ватой, окунуть его в насыщенный раствор, тут же вынуть и просушить при комнатной температуре. Нитки пропитаются раствором и при высыхании на них образуются мельчайшие кристаллики, которые в дальнейшем послужат «затравками». А дальше опускайте этот каркас в раствор и наращивайте на нем кристаллы. Если опустить в раствор разборную синтетическую елочку, предварительно

обмотав ее ствол и ветви нитками, то можно вырастить «заснеженную» елку. В результате экспериментов вы можете получить целую коллекцию сувениров.



Опыт 2. Выращивание одиночных кристаллов

Сделаем насыщенный раствор соли (как об этом говорилось выше). Опустим в него нитку и дадим сосуду постоять денек, чтобы нитка обросла кристалликами. Затем вынем из раствора обросшую нитку и отломим наиболее ровный и крупный кристаллик. Привяжем кристаллик на другую нитку и опустим его в раствор (в качестве заправки) так, чтобы он находился по центру сосуда. (Простейшая установка для выращивания кристаллов из водных растворов состоит из стеклянной банки, крышки, раствора и исходного кристаллика (зародыша).)



Теперь дело времени: одиночные кристаллы должны расти как минимум несколько недель. Все дело в том, что раствор поднасыщать нельзя, так как наш одиночный кристалл может обрасти мелкими кристалликами-паразитами. Если за длительное время жидкость потихоньку испаряется, то приготовьте в другом сосуде насыщенный раствор той же соли, дайте ему отстояться денек и добавьте его в наш сосуд, где растет кристалл.

Опыт 3. Выращивание кристаллов льда

В небольшое глубокое чайное блюдце налить воды. Блюдце окружить охладительной смесью, сухим льдом или поставить в снег. Через некоторое время температура воды станет равной 0°C , но вода будет отдавать теплоту и дальше. Теряя тепло, вода при 0°C в блюдце начнет замерзать. На поверхности воды появятся прозрачные, вытянутые в длину игольчатые кристаллы льда. Появившись по отдельности, они быстро соединяются в группы и дадут твердую корочку льда на поверхности воды. При рассмотрении в лупу кристаллы льда имеют форму сильно удлиненных шестиугольных призмочек. Между ними много шестилучевых «звездочек». Это иголки, сложившиеся в прихотливую группу и образовавшие тонкое строение звездочки. Увеличиваясь и разрастаясь, ледяные иголки встречаются одна с другой, ветвятся. Так образуются узоры мороза на стеклах окон. Ветвистые кристаллы ученые называют дендритами, т. е. древообразными. В природе их образуют не только лед, но и некоторые металлы (серебро, железо, золото, медь). Для образования дендритов необходимо быстрое охлаждение.



Давайте скажем спасибо авторам этих сайтов за прекрасные советы и попробуем вырастить собственную коллекцию кристаллов!

Успехов вам!

УЧАСТИЕ ШКОЛЬНИКОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОЛИМПИАДАХ

В Республике Башкортостан каждый год проводятся республиканские олимпиады школьников по геологии во время весенних и летних каникул. Всероссийские открытые полевые олимпиады школьников по геологии проводятся один раз в два года.

Тематика олимпиад охватывает разделы естествознания, составляющие комплекс наук о Земле. Затрагиваются вопросы практического применения знаний школьников по палеонтологии, петрографии, минералогии, кристаллографии, геохимии, экогеологии, структурной геологии, исторической геологии, инженерной геологии, гидрогеологии, геологии полезных ископаемых и другим наукам геологического профиля.

Ниже приведены выдержки из положений олимпиад, касающиеся минералогии и петрографии.

1. Республиканская (полевая) олимпиада школьников по геологии (летние каникулы)

Минералогия и петрография — 1 участник от команды

Каждый участник получает учетную карточку и коллекцию образцов с тремя минералами и двумя горными породами. Предлагаемые коллекционные работы имеют одинаковую сложность.

Определение минералов ведется при помощи вспомогательных средств (шкалы Мооса, соляной кислоты, фарфоровой пластинки, компаса). Запись определений производится в учетной карточке.

Контрольное время — 60 мин.

Результаты соревнований по данному виду оцениваются максимально в 30 баллов.

Определение каждого образца минерала оценивается в 6 баллов.

- определение названия — 1 балл;
- знание формулы минерала — 0,5 балла;
- определение цвета — 0,2 балла;
- определение цвета черты — 0,4 балла;
- определение блеска и спайности — по 0,5 баллов;
- определения агрегатного состояния — 0,6 баллов;
- определение излома — 0,3 балла;
- определение твердости — 0,8 баллов;
- практическое применение минерала и основные месторождения — по 0,6 баллов.

Определение каждого образца горной породы оценивается в 6 баллов:

- определение названия — 1,5 балла;
- определение минерального состава породы — 1,5 балла;
- определение структуры, текстуры и генезиса — по 1 баллу.

При равном количестве баллов оценка производится с учетом затраченного времени.

Образец учетной карточки с указанием соответствующих баллов прилагается.

2. Республиканская олимпиада школьников по геологии (весенние каникулы)

Правила проведения весенней олимпиады такие же, как и для полевых олимпиад. Отличие заключается в количестве образцов в коллекции — два минерала и две горные породы — и в ином распределении баллов за правильные ответы. Пример карточки, предлагаемой участникам для заполнения, показан ниже.



РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ЮНЫХ ГЕОЛОГОВ, Уфа, 20__ год
Учетная карточка практического задания по «МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ»

Коллекция №		Количество баллов		
Фамилия, имя		Начало		
Школа, класс		Окончание		
Населенный пункт		Общее время		
МИНЕРАЛЫ				
А	Цвет	0,5 бал.	Форма выделения	0,5 бал.
	Блеск	0,5 бал.	Название	2 бал.
	Цвет черты	0,5 бал.	Формула	1 бал.
	Твердость	2 бал.	Генезис	0,5 бал.
	Спайность	2 бал.	Практическое применение	0,5 бал.
Б	Цвет	0,5 бал.	Форма выделения	0,5 бал.
	Блеск	0,5 бал.	Название	2 бал.
	Цвет черты	0,5 бал.	Формула	1 бал.
	Твердость	2 бал.	Генезис	0,5 бал.
	Спайность	2 бал.	Практическое применение	0,5 бал.
ГОРНЫЕ ПОРОДЫ				
В	Цвет	0,5 бал.	Название	1 бал.
	Структура	1 бал.	Генезис	0,5 бал.
	Текстура	1 бал.	Минеральный состав	1 бал.
Г	Цвет	0,5 бал.	Название	1 бал.
	Структура	1 бал.	Генезис	0,5 бал.
	Текстура	1 бал.	Минеральный состав	1 бал.
Участник Олимпиады (подпись)				
Председатель жюри Олимпиады		«__» _____ 20__ г.		
Судья		«__» _____ 20__ г.		

Максимально можно набрать 30 баллов.

3. Всероссийская (полевая) олимпиада школьников по геологии (летние каникулы)

Соревнование «Минералогия и петрография»

Цель соревнования	оценка умения юных геологов определять минералы, горные породы и составлять их описания		
Задачи соревнования	— определение и описание 3 контрольных минералов;		
	— определение и описание 2 контрольных образцов горных пород		
Количество участников от команды	1 час	Контрольное время	1 час
Максимальная оценка за соревнование			65 баллов
Оборудование, предоставляемое организаторами слета		Оборудование, которое должны иметь участники слета	
— учетная карточка (см. форму);		— ручка;	
— образцы с пометками на определяемых минералах и горных породах		— вспомогательные средства для определения минералов (шкала Мооса, лупа, кислота, магнит, стекло, фарфоровая пластинка, нож)	
Критерии оценки			
<i>Действие</i>			<i>Количество баллов</i>
1. Определение и описание 3 контрольных минералов			max 42 (3 × 14)
1. Определение и описание 1 контрольного минерала:			max 14
1.1. Определение физических свойств			max 7
— цвет			1
— блеск			1
— цвет черты			1
— твердость			2
— спайность			2
1.2. Определение формы выделения агрегата или кристалла			1
1.3. Определение названия минерала			3
1.4. Знание формулы минерала			1
1.5. Определение генезиса образца			1
1.6. Практическое применение минерала			1
2. Определение и описание 2 образцов горных пород			max 22 (2 × 11)
2. Определение и описание одного контрольного образца горной породы:			max 11
2.1. Определение цвета породы			1
2.2. Определение структуры			2
2.3. Определение текстуры			2
2.4. Определение минерального состава породы			2
2.5. Определение названия породы			3
2.6. Определение генезиса породы			1
3. Аккуратность и точность в заполнении учетной карточки			max 1

Примечание. Свойства минералов и пород необходимо указывать максимально точно (например, цвет с уточняющими оттенками; блеск алмазный, а не неметаллический и т. д.). При определении названия минералов правильным ответом будет считаться название минерального вида, а не разновидности.

При подготовке к соревнованию рекомендуется использовать список минералов и пород, приводимый ниже, а также книги: Миловский А. В., Кононов О. В. Минералогия. М., МГУ, 1982; Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М., КДУ, 2008; Практическое руководство по общей геологии / Под ред. Н. В. Короновского. М., Академия, 2004 или 2007.

**Список минералов и горных пород, рекомендуемых
для подготовки к соревнованию «Минералогия и петрография»**

Список минералов

1	Золото	Au	49	Апатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$
2	Медь	Cu	50	Вивианит	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
3	Графит	C	51	Шеелит	CaWO_4
4	Сера	S	52	Эритрин	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
5	Галенит	PbS	53	Аннабергит	$\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
6	Сфалерит	ZnS	54	Бирюза	$\text{Cu}(\text{Al}, \text{Fe})(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
7	Пирротин	Fe_{1-x}S	55	Галит	NaCl
8	Киноварь	HgS	56	Сильвин	KCl
9	Антимонит	Sb_2S_3	57	Флюорит	CaF_2
10	Реальгар	As_4S_4	58	Оливин	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$
11	Аурипигмент	As_2S_3	59	Циркон	$\text{Zr}[\text{SiO}_4]$
12	Молибденит	MoS_2	60	Кианит (=дистен)	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$
13	Пентландит	$(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	61	Ставролит	$\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$
14	Халькопирит	CuFeS_2	62	Топаз	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{OH}, \text{F})_2$
15	Борнит	Cu_3FeS_4	63	Титанит (=сфен)	$\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$
16	Пирит	FeS_2	64	Альмандин	$\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
17	Марказит	FeS_2	65	Гроссуляр	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
18	Арсенопирит	FeAsS	66	Андрадит	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$
19	Кобальтин	CoAsS	67	Уваровит	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$
20	Корунд	Al_2O_3	68	Везувиан	$\text{Ca}_{10}(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_1[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH}, \text{F})_4$
21	Гематит	Fe_2O_3	69	Эпидот	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$
22	Кварц	SiO_2	70	Берилл	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
23	Опал	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	71	Турмалин	$\text{Na}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH}, \text{F})_4$ (без уточнений)
24	Касситерит	SnO_2	72	Эвдиалит	$(\text{Na}, \text{Ca})\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9][\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_3]$
25	Рутил	TiO_2	73	Энстатит-гиперстен	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$
26	Пирролюзит	MnO_2	74	Диопсид	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
27	Ильменит	FeTiO_3	75	Авгит	$(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$
28	Шпинель	MgAl_2O_4	76	Эгирин	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
29	Магнетит	FeFe_2O_4	77	Сподумен	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
30	Хромит	FeCr_2O_4	78	Волластонит	$\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$
31	Перовскит	CaTiO_3	79	Родонит	$\text{Mn}_4\text{Ca}[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$
32	Вольфрамит	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	80	Тремолит-актинолит	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$
33	Гётит	$\text{FeO}(\text{OH})$	81	Роговая обманка	$(\text{Na}, \text{K})_{0-1}(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl}, \text{O})$
34	Диаспор	AlOOH	82	Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
35	Манганит	MnOOH	83	Серпентин	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
36	Брусит	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	84	Тальк	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
37	Родохрозит	MnCO_3	85	Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$
38	Сидерит	FeCO_3	86	Флогопит	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$
39	Магнезит	MgCO_3	87	Биотит	$\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$
40	Кальцит	CaCO_3	88	Лепидолит	$\text{K}(\text{Li}, \text{Al})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$
41	Арагонит	CaCO_3	89	Хлорит	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_{4-6}[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
42	Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	90	Калиевый полевой шпат	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (не уточняя название, кроме микроклина — точно определяется зеленая разновидность — амазонит)

43	Малахит	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	91	Плагиоклаз	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (не уточняя название, кроме альбита — точно определяется сахаровидная или пластинчатая разновидности; олигоклаза и лабрадора — точно определяются разновидности с иризацией)
44	Азурит	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	92	Нефелин	$\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_3$
45	Барит	BaSO_4	93	Содалит	$\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{Cl}_2]$
46	Целестин	SrSO_4	94	Лазурит	$\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4]$
47	Ангидрит	CaSO_4	95	Цеолит	Na и Ca (без уточнения) — водные каркасные алюмосиликаты
48	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			

Примечание. Формулы сложных минералов достаточно указывать в виде словесного описания, например, нефелин ($\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_3$) — каркасный алюмосиликат натрия и калия; мусковит ($\text{KA}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$) — слоистый алюмосиликат калия и алюминия с дополнительными анионами.

Список горных пород

Магматические		Осадочные	
1	Дунит	18	Известняк
2	Перидотит	19	Мел
3	Пироксенит	20	Доломит
4	Габбро	21	Мергель
5	Базальт	22	Глина
6	Лабрадорит	23	Аргиллит
7	Диорит	24	Алевролит
8	Сиенит	25	Песчаник
9	Андезит	26	Конгломерат
10	Гранит	27	Гравелит
11	Риолит	28	Брекчия
12	Сиенит нефелиновый	29	Уголь
13	Обсидиан	30	Боксит
14	Пемза	31	Фосфорит
15	Пегматит гранитный	32	Яшма
16	Долерит	33	Опока
17	Туф вулканический		
Метаморфические			
34	Сerpентинит	39	Скарн
35	Сланец (слюдяной, хлоритовый и т. д.)	40	Эклогит
36	Гнейс	41	Роговик
37	Мрамор	42	Амфиболит
38	Кварцит		

Всероссийская открытая полевая олимпиада юных геологов Учетная карточка соревнования «Минералогия и петрография»

		Коллекция №		Количество баллов	
Команда	Фамилия, имя участника:		Начало	Окончание	Общее время
ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ					
А	Цвет		Форма выделения		
	Блеск		Название		
	Цвет черты		Формула		
	Твердость		Генезис		
	Спайность		Практическое применение		

Б	Цвет		Форма выделения	
	Блеск		Название	
	Цвет черты		Формула	
	Твердость		Генезис	
	Спайность		Практическое применение	

Оборотная сторона карточки

В	Цвет		Форма выделения	
	Блеск		Название	
	Цвет черты		Формула	
	Твердость		Генезис	
	Спайность		Практическое применение	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Г	Цвет		Минеральный состав		Название	
	Структура				Генезис	
	Текстура					

Д	Цвет		Минеральный состав		Название	
	Структура				Генезис	
	Текстура					

Подпись участника _____

Подпись судьи _____

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Цитированная литература и интернет-ресурсы

1. Бажов П. П. Уральские сказки. М.: Советская Россия, 1987. 348 с.
2. Бажов П. П. Уральские сказки. М.: Госуд. изд-во художественной литературы, 1952. Т. 2. 165 с.
3. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М.: КДУ, 2008. 736 с.
4. Бондарев В. П. Геология: практикум. М.: Форум-Инфра, 2002. 190 с.
5. Булах А. Г., Кривовичев В. Г., Золотарев А. А. Общая минералогия. СПб.: Академия, 2008. 416 с.
6. Булах А. Г. Общая минералогия. СПб.: Изд-во СПб. университета, 1999. 357 с.
7. Евсеев А. А. Географические названия в минералогии. Краткий указатель. Ч. I. М., 2000а. 269 с.
8. Евсеев А. А. Географические названия в минералогии. Краткий указатель. Ч. II, М., 2000б. 282 с.
9. Кантор Б. З. Коллекционирование минералов. М.: Недра, 1982. 173 с.
10. Кантор Б. З. Мир минералов. Москва: Экост, 2005. 128 с.
11. Колисниченко С. В. Самоцветы: Удивительные минералы Южного Урала. Челябинск: Аркаим, 2010. 320 с.
12. Колисниченко С. В. Удивительные минералы Южного Урала. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. 296 с.
13. Колисниченко С. В., Попов В. А. «Русская Бразилия» на Южном Урале: минералы долин рек Санарки, Каменки и Кабанки: Энциклопедия уральского камня. Челябинск: Санарка, 2008. 528 с.
14. Костюк Ю. Н., Пушкарский Е. М., Леднев А. Н. Пособие для самостоятельной работы по курсу «Общая геология» (лабораторные занятия). Ростов н/Д., 2003, 49 с.
15. Кушнарв Г. М. Минералы и горные породы: учеб. пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. 71 с.
16. Миловский А. В., Кононов О. В. Минералогия. М.: Изд-во МГУ, 1982. 312 с.
17. Практическое руководство по общей геологии: учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Гушин, М. А. Романовская, А. Н. Стафеев; под ред. Н. В. Короновского. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2004. 160 с.
18. Практическое руководство по общей геологии: учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Гушин, М. А. Романовская, А. Н. Стафеев, В. Г. Талицкий; под ред. Н. В. Короновского. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2007. 160 с.
19. Пыляев М. И. Драгоценные камни. Их свойства, местонахождения и употребление. СПб.: Издание А. С. Суворина, 1896, 410 с. (переиздана в 2007 г. издательством «Кристалл»).
20. Сучкова А. П., Питолина Т. П. Первые шаги в геологию. 2-е изд., доп. М.: Экост, 2005. 116 с.
21. Смольянинов Н. А. Практическое руководство по минералогии. М.: Недра, 1976. 360 с.
22. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 240 с.
23. Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 224 с.
24. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. 5-е изд. Челябинск: Урал-книга, 2000. 323 с.
25. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. 371 с.
26. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. М.: ТЕРРА, 2003. Т. 1. 304 с.; Т. 2, 336 с.
27. Ферсман А. Е. Рассказы о самоцветах. М.: Наука, 1974. 252 с.
28. Ферсман А. Е. Путешествия за камнем. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 392 с.
29. Шуман В. Мир камня. Горные породы и минералы. М.: Мир, 1986. Т. 1. 217 с.
30. Бажов В. П. Уральские сказки [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lukoshko.net/menubazh.shtml>, свободный.
31. Бажов В. П. [электронный ресурс]. Режим доступа: http://slovobelova.ru/?page_id=2639, свободный.

32. Русанов В. А. [электронный ресурс]. Режим доступа: http://zhurnal.lib.ru/r/rusanow_wladislaw_adolfowich/kamni.shtml, свободный.
33. Слетов В. А., 2005 [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mindraw.web.ru/photo.htm>, свободный.
34. Батенева О. М. [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://urai.net.ru/crystal/p34aa1.html>, свободный.
35. Занимательная химия [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kristallikov.net/page6.html#>, свободный.
36. <http://basik.ru/forum/index.php?showtopic=88>
37. <http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index2.php>
38. <http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index2.php>;
39. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/5770/
40. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/5770/КРИСТАЛЛЫ
41. http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_14.htm
42. http://dille-leront.narod.ru/stones/stones_5.htm
43. <http://dirty.ru/comments/>
44. <http://dsmitry.ru/Copper>
45. <http://fineday.at.ua/photo/16>
46. <http://geo.web.ru/druza/a-Eremeev.JPG>
47. <http://geo.web.ru/druza/a-Severgin.jpg>
48. http://geo.web.ru/druza/m-cryst_3-10.htm
49. http://geo.web.ru/druza/m-phosph_6_7951.JPG
50. http://geo.web.ru/druza/m-pseud_geo_zh.htm
51. http://geo.web.ru/druza/m-sera_0.htm
52. <http://geo.web.ru/druza/pg-120-139/page-130m.htm>
53. <http://geography.kz/wp-content/uploads/2009/05/vernadskii.jpg>
54. http://insminerals2005.narod.ru/Galer_Beloretsk.htm
55. <http://insminerals2005.narod.ru/Malkhan4.htm>
56. <http://iznedr.ru/books/item/f00/s00/z0000018/st003.shtml>;
57. <http://mindraw.narod.ru/photoalbum11.html>
58. <http://mindraw.web.ru/cristall13.htm>
59. <http://mindraw.web.ru/cristall16.htm>
60. http://mindraw.web.ru/mineral_staurolit.htm
61. <http://offsk.ru/?p=24>
62. <http://popnano.ru/news/show/1963>
63. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:1granat,_Madagaskar.JPG
64. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>;
65. <http://sr.wikipedia.org>
66. http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:01722_Andesine.jpg
67. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia>
68. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Feldspar_-_Oligoclase_Sunstone_Sodium_calcium_aluminum_silicate_India_2485.jpg
69. <http://urai.net.ru/crystal/>
70. <http://vasily-sergeev.livejournal.com/1142642.html>
71. <http://web.ru/db/msg.html?mid=1159819>
72. http://wiki.web.ru/images/thumb/3/34/Koksharov_GeoWik.jpg/200px-Koksharov_GeoWik.jpg
73. <http://wiki.web.ru/wiki/>
74. <http://wiki.web.ru/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Hbl.jpg>
75. <http://wiki.web.ru/wiki/:Fersman.jpg>
76. <http://www.4geolog.ru/minera/77-gabitus-kristallov.html>
77. <http://www.bashturist.ru/wonders/index.php?id=250&s=3>
78. <http://www.catalogmineralov.ru>
79. <http://www.fmm.ru/novpostpage.htm>
80. <http://www.geolref.ru/page-77.html>

81. http://www.igem.ru/site/person/zavaritskyi_clip_image001.jpg
82. <http://www.ikz.ru/siberianway/science/bitmaps/pallas.jpg>
83. <http://www.kirsoft.com.ru/da/images/lepehinii.jpg>
84. <http://www.math.msu.su/~apentus/znaete/images/slyuda.jpg>
85. <http://www.minatsoy.ru/aboutstones/1162/>
86. http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1289
87. <http://www.mir-kamnej.ru/metals/argentum.html>
88. <http://www.naukaland.ru/discuss/584-a-что-значит-област-далнего-порядка.html>
89. http://www.physbook.ru/index.php/Слободянюк_А._И._Физика_10/6.10
90. <http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph6/theory.html>
91. http://www.podarki33.ru/?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=213
92. <http://www.ras.ru/FStorage/download.aspx?id=579f3497-e7ee-4b58-bf60-440a2a5804d1>
93. <http://www.rusmineral.ru/info/news.php>
94. <http://www.smart-arts.ru/club/user/7/blog/77/>
95. <http://www.spmi.ru/content/kvarts>
96. <http://www.stone-valley.ru/info/dolomite>
97. <http://www.webois.org.ua/jewellery/stones-katalog/mineral-anorit.htm>
98. http://ynik.info/2008/07/03/mir_kamnja_osoboe_izmerenie.html

Рекомендуемая дополнительная литература

1. Ананьев В. П., Потапов А. Д. Основы геологии, минералогии и петрографии. М.: Высшая школа, 1999. 303 с.
2. Белан Л. Н., Бабаева С. Ф. Определитель минералов и горных пород: метод. руководство для организаторов детско-юношеского геологического движения. Уфа: Изд-во БашГУ, 2003. 92 с.
3. Белянин В. Квазикристаллы и золотая пропорция // Наука и жизнь. 2005. № 10. С. 68–76.
4. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М.: Госгеолгехиздат, 1961. 654 с.
5. Бетехтин А. Г. Минералогия. М.: Гос. изд. геол. лит., 1950. 957 с.
6. Булах А. Г. Минералогия с краткими сведениями по кристаллографии. Л., 1989. 435 с.
7. Глинка, Н. Л. Общая химия: учеб. пособие для вузов. М.: Интеграл-Пресс, 2002. 728 с.
8. Годовиков А. А. Минералогия. 2-е изд. М.: Недра, 1983. 364 с.
9. Горная энциклопедия [электронный ресурс] / под ред. Е. А. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1984–1991. Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/>, свободный.
10. Гумилевский С. А., Киришон В. М., Луговской Г. П. Кристаллография и минералогия. М.: Высшая школа, 1972. 280 с.
11. Кантор Б. З. Минерал рассказывает о себе. М.: Недра, 1985. 165 с.
12. Короновский Н. В., Якушова А. Ф. Основы геологии. М.: Высшая школа, 1991. 416 с.
13. Куликов Б. Ф. Словарь камней-самоцветов. Л.: Недра, 1982. 167 с.
14. Лебединский В. И. В удивительном мире камня. 3-е изд. Л.: Недра, 1981. 184 с.
15. Лебединский В. И., Лебедев А. Г. Популярная петрография. М.: Наука, 1968. 224 с.
16. Морозов М. В. Основы кристаллографии, минералогия [электронный ресурс]: курс лекций для специальности 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (РГ), 2 курс. Режим доступа: <http://www.mineral.spmi.ru/staff/morozov/mineralogy.html>, свободный.
17. Морфология и свойства минералов: лабораторный практикум / сост. А. А. Пермяков, А. А. Назарова. Новокузнецк: СибГИУ, 2008. 27 с.
18. Немец Ф. Ключ к определению минералов и пород. М.: Недра, 1982. 98 с.
19. Петров В. П. Сложные загадки простого строительного камня. М.: Недра, 1984. 150 с.
20. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии / Павлинов В. Н. [и др.]. М.: Недра, 1988. 149 с.
21. Соболевский В. И. Замечательные минералы. 2-е изд. М.: Просвещение, 1983. 191 с.
22. Суставов О. А. Определение горных пород по внешним признакам. Екатеринбург: Изд-во УГ-ГГА, 1995. 24 с.

23. Сустанов О. А., Поздняков Л. И. Определение минералов по внешним признакам. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1995. 36 с.
24. Фарндон Д. Драгоценные и поделочные камни, полезные ископаемые и минералы. Энциклопедия коллекционера. М.: Эксмо, 2008. 256 с.
25. Шаскольская М. П. Кристаллография: учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1984. 376 с.
26. Шафрановский И. И., Алявдин В. Ф. Краткий курс кристаллографии: учебник для негеологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1984. 120 с.
27. Энциклопедия для детей. Геология. Т. 4. М.: Аванта+, 1995. 862 с.



ОБ АВТОРАХ



Белан Лариса Николаевна — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и геоморфологии Башкирского государственного университета.

Пожелания и исправления авторы с благодарностью примут на адрес belan77767@mail.ru



Данукалова Гузель Анваровна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геоморфологии Башкирского государственного университета, заведующий лабораторией геологии кайнозоя Института геологии Уфимского научного центра РАН.



Бабаева Светлана Фанисовна — кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии и геоморфологии Башкирского государственного университета.



Щербакова Елена Ивановна — методист отдела краеведения ГОУ дополнительного образования детей Республиканский детский оздоровительно-образовательный центр туризма, краеведения и экскурсий.



Исхакова Алина Ренатовна — студентка кафедры геологии и геоморфологии Башкирского государственного университета.

Учебное издание

**Белан Лариса Николаевна
Данукалова Гузель Анваровна
Бабаева Светлана Фанисовна
Щербакова Елена Ивановна
Исхакова Алина Ренатовна**

Введение в минералогию

Зав. редакцией Т. Е. Бочарова
Редактор О. В. Берелехис
Компьютерная верстка С. О. Смирновой

Сдано в набор 03.02.2011. Подписано в печать 16.05.2011. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 18,87.
Тираж 30 экз. Заказ 31

Техническое редактирование, корректура, верстка
выполнены в издательстве «ДизайнПолиграфСервис».
450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 37, оф. 205; тел. (347) 291-13-60.
www.dizainpress.ru

Отпечатано в типографии ООО «ДизайнПресс».
Почтовый адрес: 450000, Уфа-центр, а/я 1535.
E-mail: dizain_press@mail.ru

