**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Р Е Ф Е Р А Т**

**по курсу**

**«Вещественный состав горных пород и руд»**

**Москва 2007 год**

Кристаллы - твердые тела, имеющие многогранную форму, а слагающие их частицы (атомы, молекулы, ионы) расположены закономерно. Поверхность кристаллов ограничена плоскостями, которые носят название граней. Места соединения граней называются рёбрами, точки пересечения которых называются вершинами или углами.

Грани, рёбра и вершины кристаллов связаны зависимостью: число граней + число вершин = число рёбер + 2. В большинстве случаев кристаллические вещества не имеют ясно огранённой формы, хотя и обладают закономерным внутренним кристаллическим строением.

Установлено, что кристаллы построены из материальных частиц - ионов, атомов или молекул, геометрически правильно расположенных в пространстве.

Основные свойства кристаллических веществ следующие:

1. Анизотропность (т.е. неравносвойственность).

Анизотропными называются такие вещества, которые имеют одинаковые свойства в параллельных направлениях, и неодинаковые - в непараллельных.

Различные физические свойства кристаллов, такие, как теплопроводность, твердость, упругость, распространение света и др., изменяются с изменением направления. В противоположность анизотропным, изотропные тела имеют одинаковые свойства во всех направлениях.

1. Способность самоограняться.

Этой специфической особенностью обладают только кристаллические вещества. При свободном росте кристаллы ограничиваются плоскими гранями и прямыми рёбрами, принимая многогранную форму.

1. Симметрия.

Симметрией называется закономерная повторяемость в расположении предметов или их частей на плоскости или в пространстве. Все кристаллы являются телами симметричными.

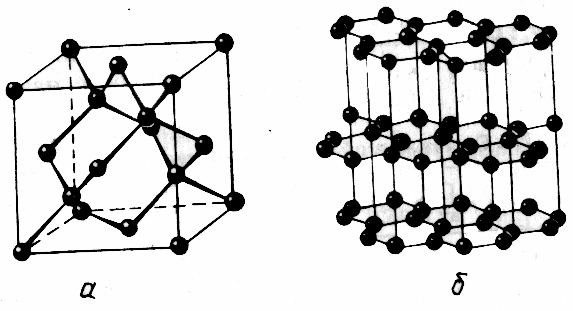
Структура кристалла, т.е. расположение в нём отдельных частиц, является симметричной. Следовательно, и сам кристалл будет обладать плоскостями и осями симметрии.

Материальные частицы (атомы, ионы, молекулы) в кристаллическом веществе размещаются не хаотично, а в определённом строгом порядке. Они расположены параллельными рядами, причём расстояния между материальными частицами этих рядов одинаковы. Эта закономерность в строении кристаллов выражается геометрически в виде пространственной решётки, являющейся как бы скелетом вещества.

Представить пространственную решётку можно как бесконечно большое число одинаковых по форме и размеру параллелепипедов, сдвинутых относительно другого и сложенных так, что они выполняют пространство без промежутков.

Вершины параллелепипедов, в которых находятся атомы, ионы или молекулы, называются узлами пространственной решётки, а прямые линии, проведённые через них, - рядами. Любая плоскость, которая проходит через три узла пространственной решётки (не лежащих на одной прямой), называется плоской сеткой. Элементарный параллелепипед, в вершинах которого находятся узлы решётки, носит название ячейки данной пространственной решётки.

Таким образом, кристаллическое вещество имеет строго закономерное (ретикулярное) строение. На приведенном ниже рисунке можно увидеть кристаллические решетки: а) - Алмаза, б) – графита.



Все важнейшие свойства кристаллических веществ являются следствием их внутреннего закономерного строения. Так, например, анизотропность кристаллов можно легко уяснить, если вести измерение каких-либо свойств в различных направлениях. Особенно чётко анизотропия выявляется в оптических свойствах кристаллов, на чём основан один из важнейших методов их изучения, применяемый в минералогии и петрографии.

Способность кристаллов самоограняться также является естественным следствием их внутреннего строения. Грани кристаллов соответствуют плоским сеткам, рёбра - рядам, а вершины углов - узлам пространственной решётки.

Пространственная решётка имеет бесконечное множество плоских сеток, рядов и узлов. Но реальным граням могут соответствовать лишь те плоские сетки решётки, которые имеют наибольшую ретикулярную плотность, т.е. на которых на единицу площади будет приходиться наибольшее число составляющих её частиц (атомов, ионов). Таких плоских сеток сравнительно немного, отсюда и кристаллы имеют вполне определённое число граней.

**Природа окраски минералов. Твердость минералов**

Минерал — природное тело с определённым химическим составом и кристаллической структурой, образующееся в результате природных физико-химических процессов и являющееся составной частью Земной Коры, горных пород, руд, метеоритов.

Изучением минералов занимается наука минералогия. В последнее время минералами ошибочно называют биологически значимые элементы (микро- и макроэлементы), входящие в состав биодобавок.

Понятие «минерал» подразумевает твёрдое природное неорганическое кристаллическое вещество.

Минералами считаются также некоторые природные вещества, представляющие из себя в обычных условиях жидкости (например, самородная ртуть, которая приходит к кристаллическому состоянию при более низкой температуре). Воду, напротив, к минералам не относят, рассматривая её как жидкое состояние (расплав) минерала лёд.

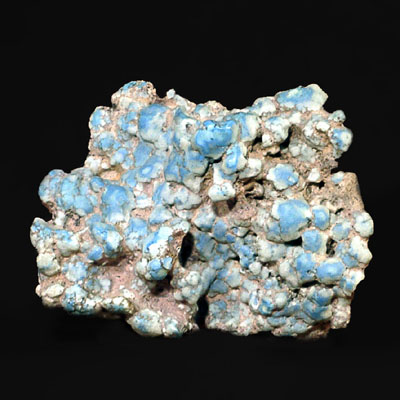
Некоторые органические вещества — нефть, асфальты, битумы — часто ошибочно относят к минералам, либо выделяют их в особый класс "органические минералы", целесообразность чего весьма спорна.

Некоторые минералы находятся в аморфном состоянии и не имеют кристаллической структуры. Это относится главным образом, к так называемым метамиктным минералам. Они имеют внешнюю форму кристаллов, но находятся в аморфном, стеклоподобном состоянии. Это происходит вследствие разрушения их изначальной кристаллической решетки под действием жёсткого радиоактивного излучения, входящих в их собственный состав радиоактивных элементов.

Различают минералы явнокристаллические, аморфные — метаколлоиды (например, опал, лешательерит и др.) и метамиктные минералы, имеющие внешнюю форму кристаллов, но находящиеся в аморфном, стеклоподобном состоянии.

Вот фотографии некоторых минералов:

1. Минерал - Бирюза



2. Минерал – Кварц



3. Минерал – Гранат



**Окраска минералов**

Свойство, которое, прежде всего, обращает на себя внимание любого исследователя - это цвет или окраска минералов. Одни минералы имеют определенный цвет, по которому можно практически безошибочно определить минерал: красного цвета киноварь, золотисто-желтого цвета пирит, зеленого цвета малахит и другие. Другие минералы - турмалин, гранат, флюорит, берилл, кварц - имеют различную окраску.

Встречаются и такие минералы, которые имеют разный цвет в одном и том же кристалле: один конец кристалла турмалина может быть окрашен в черный, другой - в зеленый цвет, а середина бесцветная или розовая. Это полихромные минералы. К таким минералам можно отнести флюорит, кварц, кальцит, топаз и др.

Цвет минералов зависит от их внутренней структуры, от механических примесей и, главным образом, от присутствия элементов-хромофоров, т.е. элементов - носителей окраски. Это Cr, V, Ti, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, U, Mo и некоторые другие. Эти элементы могут быть основными элементами минерала ( Cu в малахите; Mn в родоните), а могут входить в состав минерала лишь в виде примесей. Так, примесь Cr вызывает зеленую окраску в изумруде - разновидности берилла Be3Al2[Si6O18] и красную окраску в рубине - разновидности корунда Al2O3.

А.Е.Ферсман выделял следующие цвета (окраски) минералов:

1. Идиохроматическая (собственная) окраска, обусловленная особенностями химического состава, кристаллической структуры, присутствием ионов-хромофоров или электронно-дырочных центров окраски.

2. Аллохроматическая, связанная с механическими включениями ярко окрашенных посторонних минералов (например, буро-коричневый авантюрин - кварц, содержащий тонко рассеянные чешуйки гематита Fe2O3; розовый ортоклаз за счет механической примеси гематита; зеленый шеелит за счет тонко рассеянной примеси малахита по микротрещинам и др.).

3. Псевдохроматическая окраска, связанная с рассеянием света, интерференцией световых волн (побежалость, иризация, опалесценция). Например, яркая фиолетовая и синяя побежалость у борнита Cu5FeS4; зеленоватая и красная побежалость у халькопирита CuFeS2; яркая синяя иризация лабрадора.

Интенсивность окраски зависит от агрегатного состояния и характера поверхности минералов. В крупных кристаллах и грубозернистых агрегатах окраска многих минералов обычно темнее, чем в мелких зернах, тонкозернистых или дисперсных агрегатах.

Природа окраски многих минералов до настоящего времени не установлена. Вместе с тем, умение правильно определять и интерпретировать цвет минералов очень важно для геологов. Так, зеленые примазки малахита указывают на наличие первичных медных руд; розовые порошковатые налеты - на руды кобальта; бурые и ржавые окраски гидроксидов железа могут свидетельствовать о наличии зоны окисления рудного месторождения.

Важным приемом определения цвета минерала при его диагностике является определение цвета его порошка или цвета черты, оставленной минералом на не глазурованной шероховатой фарфоровой пластинке (бисквите).

Цвет минерала в порошке может отличаться от цвета самого минерала. В тонком порошке часто легче оценить истинную окраску минерала. Однако, это возможно лишь для минералов, твердость которых невелика. Часто одинаковые на вид минералы имеют разную черту. Так, черта гематита вишнево-красного цвета, хромита - желто-бурая, сфалерита - темно-коричневая, хотя все эти минералы в образце могут иметь черную окраску. Напротив, золотисто-желтый пирит имеет черного цвета черту. Это различие используется как важный прием в диагностике минералов.

**Твердость минералов**

Твёрдость — свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого тела.

Наиболее твёрдым из существующих на сегодняшний день материалов является ультратвёрдый фуллерит (примерно в 1,17—1,52 твёрже алмаза). Однако этот материал доступен только в микроскопических количествах. Самым твёрдым из распространённых веществ является алмаз (10 единиц по шкале Мооса, см. ниже)

Для измерения твёрдости существует несколько шкал (методов измерения):

1. Метод Бринелля — твёрдость определяется по диаметру отпечатка, оставляемому металлическим шариком, вдавливаемым в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к шарику, к площади отпечатка (причём площадь отпечатка берётся как площадь части сферы, а не как площадь круга); единицей твёрдости служит кгс/мм². Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается HB, где H = hardness (твёрдость, англ.), B — наименование шкалы;

2. Метод Роквелла — твёрдость определяется по глубине вдавливания металлического шарика или алмазного конуса в поверхность тестируемого материала. Твёрдость, определённая по этому методу, является безразмерной и обозначается HR, HRB, HRC и HRA; твёрдость вычисляется по формуле HR = 100 − kd, где d — глубина вдавливания наконечника после снятия основной нагрузки, а k — коэффициент. Таким образом, бесконечной твёрдости соответствует HR 100; мягкие материалы могут иметь отрицательные значения твёрдости.

3. Метод Виккерса — твёрдость определяется по размеру отпечатка, оставляемого четырёхугольной алмазной пирамидкой, вдавливаемой в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к пирамидке, к площади отпечатка (причём площадь отпечатка берётся как площадь части поверхности пирамиды, а не как площадь квадрата); единицей твёрдости служит кгс/мм². Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается HV;

4. Метод Шора — твёрдость определяется по высоте отскакивания стального шарика от поверхности изучаемого металла или по глубине введения алмазной иглы под действием пружины. Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается HSD;

5. Метод Кузнецова — Герберта — Ребиндера — твёрдость определяется временем затухания колебаний маятника, опорой которого является исследуемый металл;

6. Шкала Мооса — используется главным образам для указания твёрдости минералов, определяется по тому, какой из десяти стандартных минералов царапает тестируемый, и какой материал из десяти стандартных царапается тестируемым.

В начале 19 в. австрийский минералог Ф.Моос расположил 10 минералов в порядке возрастания их твердости. С тех пор они используются как эталоны относительной твердости минералов, так называемая шкала Мооса (табл.).

|  |  |
| --- | --- |
| **Таблица. ШКАЛА ТВЕРДОСТИ МООСА** | |
| **Минерал** | **Относительная твердость** |
| Тальк | 1 |
| Гипс | 2 |
| Кальцит | 3 |
| Флюорит | 4 |
| Апатит | 5 |
| Ортоклаз | 6 |
| Кварц | 7 |
| Топаз | 8 |
| Корунд | 9 |
| Алмаз | 10 |

Чтобы определить твердость минерала, необходимо выявить самый твердый минерал, который он может поцарапать. Твердость исследуемого минерала будет больше твердости поцарапанного им минерала, но меньше твердости следующего по шкале Мооса минерала.

Силы связи могут меняться в зависимости от кристаллографического направления, а поскольку твердость является грубой оценкой этих сил, она может различаться в разных направлениях. Эта разница обычно невелика, исключение составляет кианит, у которого твердость 5 в направлении, параллельном длине кристалла, и 7 – в поперечном направлении.

В минералогической практике используется также измерение абсолютных значений твердости (так называемой микротвердости) при помощи прибора склерометра, которая выражается в кг/мм2.

Конкретный способ определения твёрдости выбирается исходя из свойств материала, имеющейся аппаратуры и др.

Для инструментального определения твёрдости методом вдавливания используются твердометры. Большим плюсом твёрдости, как характеристики материала является то, что методы определения твёрдости являются неразрушающими и занимают мало времени.

**Характеристика алмаза**



Алмаз - это кристаллическая модификация чистого углерода, образованная в глубоких недрах Земли, в верхней мантии на глубинах более 80-100 километров, при исключительно высоких давлении и температуре.

Это самый драгоценный камень, самый твердый и износостойкий минерал, самый блестящий и неподверженный времени самоцвет. История алмазов насчитывает тысячи лет, однако и в наше время бриллианты привлекают миллионы людей своей магической красотой.

Во все времена этот завораживающий и уникальный камень притягивал человека. «Он остаётся невредимым в самом сильном огне, это свет солнца, сгустившийся в земле и охлаждённый временем, он играет всеми цветами, но сам остаётся прозрачным, точно капля воды...» - писали об алмазе в древности. Первые упоминания об использовании человеком алмазов относятся к Индии и появились примерно за три тысячи лет до нашей эры.

Греки называли его «адамас» или «адамантос» — непобедимый, несокрушимый, непреодолимый. Римляне — «диамонд»; арабы — «алмас», наитвердейший; древние евреи — «шамир»; индусы называли его «фарий».

Древнерусский литературный памятник, «Изборник» 1073 г., в равной степени использует термины «адамас» и «адамант». А «Хождение за три моря» Афанасия Никитина (1466-1472 г. г.) впервые, и навсегда, «узаконило» в русском языке название «алмаз».

В древней Индии считали, что алмазы образованы из пяти начал природы - земли, воды, воздуха, неба и энергии.

Алмаз**,** минерал, единственный драгоценный камень, состоящий из одного элемента.

Алмаз – это кристаллический углерод. Углерод существует в нескольких твердых аллотропных модификациях, т.е. в различных формах, имеющих разные физические свойства. Алмаз – одна из аллотропных модификаций углерода и самое твердое из известных веществ (твердость 10 по шкале Мооса).

Другая аллотропная модификация углерода – графит – одно из самых мягких веществ. Исключительно высокая твердость алмаза имеет большое и важное практическое значение. Он широко используется в промышленности как абразив, а также в режущих инструментах и в буровых коронках.

Алмаз кристаллизуется в кубической (изометрической) сингонии и обычно встречается в виде октаэдров или кристаллов близкой формы. При обкалывании алмаза от материнской массы отщепляются обломки минерала. Это становится возможным благодаря совершенной спайности.

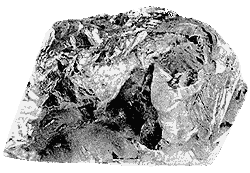
Цвет разнообразный. Обычно алмазы бесцветные или желтоватые, но известны также голубые, зеленые, ярко-желтые, розово-лиловые, дымчато-вишневые, красные камни; встречаются и черные алмазы. Алмаз прозрачен, иногда просвечивает, бывает и непрозрачным. Черты алмаз не дает; порошок его белый или бесцветный.

Плотность алмаза – 3,5. Показатель преломления 2,42, самый высокий среди обычных драгоценных камней. Поскольку критический угол полного внутреннего отражения у этого минерала составляет всего 24,5, фасеты ограненного алмаза отражают больше света, чем другие камни с аналогичной огранкой, но с меньшим показателем преломления.

Алмаз обладает очень сильной оптической дисперсией (0,044), вследствие чего отраженный свет разлагается на спектральные цвета. Эти оптические свойства в сочетании с необыкновенной чистотой и прозрачностью минерала придают алмазу яркий блеск, сверкание и игру.

Алмазы обычно люминесцируют в рентгеновских и ультрафиолетовых лучах. У некоторых разностей алмаза люминесценция выражена очень резко. Алмазы прозрачны для рентгеновских лучей. Это облегчает идентификацию алмаза, так как некоторые стекла и бесцветные минералы, например циркон, подчас внешне похожие на него, непрозрачны для рентгеновских лучей той же длины волны и интенсивности.

Люминесценция алмаза обусловлена присутствием в нем примеси азота. Примерно 2% алмазов не содержат азота и не флуоресцируют; обычно это мелкие камни. Исключение составляет «Куллинан» – самый большой ювелирный алмаз в мире (см. рисунок).



Для измерения веса алмазов принят метрический карат, — 0,2 грамма или 200 миллиграммов. Алмазы массой более 15 карат — редкость, массой в сотни карат — величайшая редкость. Некоторые камни получают собственные имена, мировую известность и прочное место в истории. Подробнее об исторических алмазах.

В настоящее время общемировой объем добычи алмазов составляет порядка 130 миллионов карат. Главное использование природных алмазов – в ювелирном деле, но далеко не из каждого алмаза можно сделать бриллиант. Безусловно, ювелирными считаются около 15% добываемых алмазов, еще 45% считаются околоювелирными, т.е. уступают ювелирным по размеру, цвету или чистоте.

Главные производители алмазов – Австралия, Россия, ЮАР и Демократическая Республика Конго, на которые в совокупности приходится более 3/5 мировой добычи алмаза. Другие крупные производители – Ботсвана, Ангола и Намибия. Индия, бывшая единственным источником алмазов до 18 в., в настоящее время добывает их сравнительно немного.

Алмазы ювелирного качества встречаются в ЮАР и в Республике Саха (Якутия, Россия) в кимберлитах – темных зернистых ультраосновных вулканических породах, сложенных преимущественно оливином и серпентином.

Кимберлиты залегают в форме трубчатых тел («трубок взрыва») и обычно имеют брекчиевидное строение. Из нескольких тонн добытого кимберлита извлекают доли карата высококачественного алмаза.

Алмазы добывают также из аллювиальных (речных) и прибрежно-морских галечных россыпей, куда они выносились в результате разрушения алмазосодержащей кимберлитовой вулканической брекчии. В таких условиях ювелирные камни обычно приобретают шероховатую поверхность. Часто они являются лучшими ограночными камнями, так как противостояли разрушительному действию ударов о камни при переносе водотоками или морскими волнами в зоне прибоя, и поэтому должны представлять прочную крепкую массу, относительно свободную от внутренних напряжений.

Известны случаи, когда алмазы, добытые из кимберлитовых трубок, взрывались, что свидетельствует о колоссальном напряжении внутри камня. Это явление дает ключ к пониманию того, что кристаллизация алмазов должна была протекать в условиях громадных давлений. Большинство ограненных алмазов при исследовании в поляризованном свете обнаруживает наличие внутренних напряжений. Полагают, что алмазы образовались на больших глубинах в мантии Земли, а затем не менее чем 3 млрд. лет назад мощными взрывами были вынесены на поверхность. Алмазы обнаружены также в метеоритах.

Сверкание и красота алмаза в полной мере раскрываются только после огранки. Долгое время считалось, что Л. ван Беркем из Брюгге в конце 15 в. разработал метод точной симметричной огранки (используемый до сих пор), заключающийся в шлифовке камня на железном круге, на который наносится смесь алмазного порошка и масла. Сейчас существование этого мастера ставится под сомнение. Предполагают, что вышеуказанный метод был разработан в Индии.

Ранее полагали также, что бриллиантовую огранку (главный тип огранки округлых алмазов и в настоящее время) изобрел итальянский гранильщик Винченцо Перуцци в конце 17 в., но и это мнение оказалось ошибочным.

**Бриллиант** (от франц. brillant - блестящий), алмаз, которому посредством обработки придана специальная форма, так называемая бриллиантовая огранка, максимально раскрывающая оптические свойства камня

Бриллиантовая огранка разрабатывалась постепенно на протяжении всего 17 в. Ранее были созданы другие типы симметричной и тщательно спроектированной огранки. Например, огранка розой, когда камни имеют форму капли смолы (т.е. плоское основание и ограненный треугольными фасетами купол), вероятно, появилась в начале 16 в.

Однако бриллиантовая огранка, близкая к современной, сложилась лишь в начале 20 в., когда были установлены пропорции и углы, необходимые для придания камню максимального сверкания. Ювелиры называют такую огранку «старой горняцкой». В настоящее время огранка алмаза еще более совершенна.

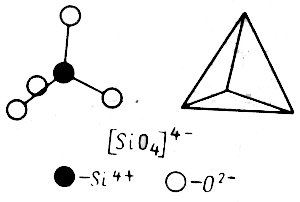
Любой ограненный камень, включая бриллиант, состоит из двух частей: верхней – коронки и нижней – павильона. Между ними располагается узкий поясок, или рундист (самая широкая часть бриллианта). Обычный круглый бриллиант имеет 58 фасетов, или фасеток (искусственных граней). К ним относятся: 1 восьмиугольная таблица (площадка), венчающая коронку, 8 фасетов звезды, 4 главных фасета коронки, 4 угловых фасета коронки, 16 верхних фасетов рундиста (прилегающих к нему сверху), 16 нижних фасетов рундиста (непосредственно под ним), 4 угловых фасета павильона, 4 главных фасета павильона и 1 фасетка на кончике павильона (калета; теперь наносится очень редко).

**Островные силикаты, их свойства. Характеристика берилла, турмалина, эпидота.**

**ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ.**

Класс силикатов. Минералы этого класса широко распространены в земной коре (свыше 78%). Они образуются преимущественно в эндогенных условиях, будучи связаны с различными проявлениями магматизма и с метаморфическими процессами. Лишь немногие из них возникают в экзогенных условиях. Многие минералы этого класса являются породообразующими магматических и метаморфических горных пород, реже осадочных.

Силикаты характеризуются сложным химическим составом и внутренним строением. В основе их структуры лежит кремнекислородный тетраэдр (см. рис.), в центре которого находится ион кремния Si4+, а в вершинах - ионы кислорода О2-, которые создают четырехвалентный радикал [SiO4]4-.



Они располагаются изолированно, то есть ни один из кислородных ионов, окружающих ион Si не является общим для других, смежных с ним тетраэдров.

Среди катионов островных силикатов преобладают Mg2+, Fe2+, Ca2+ а также Al3+, Fe3+, иногда Ве2+, Ti4+, Zr4+ . Щелочные элементы Na и К встречаются в исключительных случаях. Алюминий, в отличие от других типов силикатов, практически никогда не входит в структуру минералов в координации 4, т.е. не заменяет Si в его тетраэдрических группах.

Физические свойства островных силикатов довольно характерны и обусловлены особенностями кристаллических решеток этих минералов. Форма кристаллов, как правило, изометричная.

Минералы обладают высокой твердостью и относительно повышенным удельным весом, вследствие плотной упаковки ионов. Это бесцветные или слабо окрашенные минералы. Интенсивная окраска бывает только у минералов, содержащих ионы-хромофоры. Среди островных силикатов мы рассмотрим следующие минералы:

**БЕРИЛЛ - Be3Al2[Si6O18] Гексагональная сингония**



В группу бериллов входят изумруд, аквамарин и обычный берилл. Они имеют неоспоримое право на внимание всех любителей драгоценных камней.

В минералогии название "берилл" прилагается ко всем разновидностям этого минерала, название "изумруд" - к зеленой разности, а "аквамарин" - к разности цвета морской волны.

Но в ювелирном деле термин "берилл" имеет более узкий смысл и используется для обозначения светлоокрашенных камней, а также камней, имеющих не зеленую, а другую окраску, так что вошло в обычай говорить о "желтом берилле" или "розовом берилле".

В последнее время проводится дальнейшее разграничение понятий, причем для розовых камней используется название "морганит", а для золотисто-желтых - "гелиодор".

Название минерала пришло к нам через латинское beryllus от греческого "бериллос" - древнего слова, значение которого теряется в веках. Возможно, оно с самого начала относилось, по крайней мере, частично, к тем же разновидностям этого минерала, которые и сейчас обозначаются этим названием.

Берилл, если иметь в виду название, под которым этот минерал известен науке, является алюмосиликатом бериллия и имеет формулу Be3Al2Si6O18L.

Анализы часто показывают присутствие в нем небольших количеств щелочных металлов, а также гелия. Полагают, что атомы этих элементов не входят в кристаллическую решетку содержащего их берилла, а удерживаются в каналах структуры, расположенных параллельно оси симметрии шестого порядка.

Алюминий может замещаться небольшими количествами хрома и окисного железа. В изумрудах было обнаружено от 1 до 2% воды.

Бериллий, как указывает его название, впервые был открыт в образце минерала берилла в 1798 г. химиком Вок-леном. Одно время он был известен под названием "глициний" (от греческого "глицис" - сладкий) из-за сладкого вкуса его солей.

Чистый берилл бесцветен, но благодаря почти неизменному присутствию примесей он приобретает различную окраску. Наиболее часты следующие цвета: зеленый (он столь своеобразен у этой разновидности, что соответствующий оттенок подучил название изумрудно-зеленого), от зеленоватого (цвета морской волны) до голубого у аквамарина, розовый у морганита и желтый. Цвет изумруда обычно обусловлен незначительной примесью хрома.

Много лет назад Гольдшмидт обнаружил, что в зеленых норвежских бериллах содержится больше ванадия, чем хрома, и на основании этого факта пришел к выводу, что трехвалентный ванадий может играть в берилле ту же роль, что и хром. С тех пор ванадий был обнаружен в изумрудах из многих месторождений, а в зеленом берилле из Салининхи в бразильском штате Баия ванадий сопровождается заметным количеством железа и лишь следами хрома.

Окрашенные одним лишь ванадием зеленые бериллы получены искусственным путем. Предлагалось название "изумруд" использовать лишь для обозначения зеленых бериллов, окрашенных примесью хрома. Такое ограничение понятия "изумруд" было бы полезным для специалистов, причем наличие или отсутствие хрома быстро определялось бы с помощью спектроскопа, но весьма вероятно, что для непрофессионалов изумруд всегда останется "сверкающей зеленой разновидностью берилла".

В аквамаринах оттенки цвета, меняющиеся от голубоватого до желтовато-зеленого, обусловлены, по-видимому, главным образом примесью железа. Розоватый оттенок морганита может быть связан с присутствием лития, а с примесью окисного железа обычно связана окраска желтых бериллов.

Гелиодор содержит незначительную примесь урана и поэтому радиоактивен.

Плотность берилла варьирует от 2,67 до 2,90. Таким образом, берилл гораздо плотнее, чем кварц, и если берилл и кварц поместить в трубку с соответственно подобранной тяжелой жидкостью, первый всегда будет скапливаться ниже второго.

Плотность колумбийских и сибирских изумрудов колеблется от 2,68 до 2,74, но в среднем равна 2,712. Бразильские бледные изумруды менее плотные, плотность их колеблется от 2,67 до 2,70, а южноафриканские изумруды более плотные, плотность их изменяется от 2,72 до 2,77, но в большинстве случаев значение плотности близко к 2,75. Плотность аквамаринов и желтых бериллов колеблется от 2,68 до 2,75. Бразильский зеленый берилл имеет плотность около 2,80, а морганит имеет самую большую плотность по сравнению с другими разновидностями берилла: от 2,72 до 2,90, в большинстве случаев около 2,82.

Эти высокие значения плотности могут быть обусловлены присутствием щелочных металлов - цезия и рубидия. У синтетических изумрудов, которые были получены раньше, плотность и оптические константы были заметно ниже, чем у природных камней, но в искусственных изумрудах, полученных позднее, такое различие отсутствует. Тщательное изучение включений остается одним из лучших методов, позволяющим отличать природные и искусственные камни.

Твердость берилла варьирует от 7,5 до 8, причем изумруд несколько мягче, чем другие разновидности. Отмечается слабая спайность, параллельная базису. Подобно большинству драгоценных камней, берилл весьма хрупок и легко раскалывается и покрывается трещинами. Замутненные, непрозрачные из-за трещинок камни называют моховыми.

В пламени паяльной трубки берилл плавится с трудом. Он устойчив к воздействию фтористоводородной кислоты, а также других кислот.

Непрозрачные бериллы, не находящие применения в ювелирном деле, являются главной рудой для получения металла бериллия, который используется для приготовления специальных сплавов - главным образом с медью, а также с железом и никелем.

**ТУРМАЛИН- Na(Mg,Fe)3(Al,Fe)6[Si6O18][BO3]3(OH,F)4 Тригональная сингония**



В 1703 г. голландские моряки впервые привезли в Европу удлиненные кристаллы лилово-розового цвета. Вслед за жителями Цейлона они называли эти камни «туремали», что по-синегалезски означает «минерал», «драгоценный камень». Так возник современный термин «турмалин», которым называют разновидность силиката, включающего соединения алюминия, бора, марганца и магния.

Турмалин - прозрачный драгоценный камень, издавна известный и распространенный во всем мире. Он имеет свойство электризоваться при нагревании.

Турмалин - один из самых интересных и оригинальных самоцветов. Из-за сложности и изменчивости химического состава разнообразна и его цветовая гамма - розовые, красные, синие, зеленые, желтые, коричневые камни множества оттенков. Особенно высоко ценится красный турмалин, иначе называемый "малиновый шерл".

Наряду с однотонными турмалинами нередко встречаются полихромные, когда в одном кристалле имеются участки разного цвета.

Различно окрашенные турмалины имеют собственные названия: рубеллит (розовый, красный, малиновый), ахроит (бесцветный), индиголит (в синих тонах), верделит (в зеленой гамме), шерл (черный), хамелеонит (оливково-зеленый при дневном освещении и буровато-красный при искусственном).

Турмалин - боратосиликат, так как структура минерала содержит плоский треугольный радикал [BO3]3-.

Шерл NaFe3Al 6[Si6O18][BO3]3(OH,F)4. Темно-синий, черный.

Дравит NaMg3Al6[Si6O18][BO3]3(OH,F)4. Бурый.

Рубеллит (Li,Na)(Fe,Mn)3Al6[Si6O18][BO3]3(OH,F)4. Розовый.

Полная изоморфная смесимость в ряду шерл - дравит.

Главнейшие изоморфные замещения в турмалине следующие: Mg2+ = Fe2+; 2Fe2+ = Li1+ +Al3+; Fe2+ = Mn2+; Fe3+ = Al3+; Na+,Al3+ = Ca2+, Mg2+; OH- = F- и другие.

Минерал образует столбчатые удлиненные до короткопризматических кристаллы с гемиморфной огранкой головок, с поперечным сечением в виде сферического треугольника. Часто штриховка граней вдоль оси С.

Известны шестоватые, радиально-лучистые агрегаты, а также сплошные зернистые массы.

Свойства: Блеск стеклянный до шелковистого. Хрупкий. Спайности нет. Излом неровный до раковистого. Твердость 7.5-8. Обладает пиро- и пьезоэлектрическими свойствами. Пироэлектричество - электричество, возникающее в кристаллах в связи с изменением температуры. Пьезоэлектричество - электричество, возникающее в кристаллах при растяжении или сжатии.

**ЭПИДОТ - Са2FeAl2[SiO4][Si2O7]O(OH) Моноклинная сингония**



Название от греческого "эпидозис" - приращение - за форму поперечного сечения в виде параллелограмма.

Кристаллы удлиненные, часто штриховка вдоль удлинения. Радиально-лучистый, шестоватый, зернистые агрегаты. Цвет зеленовато-желтый, фисташково-зеленый.

Блеск стеклянный, на плоскостях спайности до перламутрового. Излом неровный, иногда ступенчатый.

Твердость 6.5-7.

Химический состав:Окись кальция (СаО) 23,5%, окись алюминия (Аl2О3) 24,1%, окись железа (Fe2О3) 12,6%, двуокись кремния (SiO2) 37,9%, вода (Н2О) 1,9% (сp. с цоизитом).

Хорошо образованные кристаллы характеризуются обилием граней (около 200 простых форм!); самые распространенные формы кристаллов — длиннопризматические, игольчатые или столбчатые.

Кристаллическая структура. Силикат с изолированными группами кремнекислородных тетраэдров.

Класс симметрии. Призматический — 2/т.

Спайность. Совершенная параллельно оси b (001) и ясная параллельно (100).

Происхождение. Метаморфический в ассоциации с хлоритом и амфиболами (зеленые сланцы); в скарнах в ассоциации с гранатом, кальцитом, диопсидом, магнетитом. В поверхностных условиях устойчив. Практического значения пока не имеет.

**Основные типы неметаллических полезных ископаемых. Главные представители драгоценных и поделочных камней**

**Неметаллические полезные ископаемые**

К неметаллическим полезным ископаемым относится обширная группа минералов и горных пород, из которых не извлекают в качестве главного компонента большинство металлов, которые не представляют углеводороды и углеводородные виды энергетического сырья, гидроминеральные и газообразные ресурсы.

Область применения неметаллических полезных ископаемых чрезвычайно широка: по существу нет ни одной отрасли народного хозяйства, где бы в той или иной мере не использовалось это сырье.

В настоящее время насчитывается свыше 150 видов неметаллических полезных ископаемых, используемых в естественном или переработанном виде. Из них получают различные химические элементы, включая некоторые металлы (серу, фосфор, хлор, фтор, калий, натрий и др.), и их соединения. Среди последних присутствуют и специфические виды топлива (соединения бора, фтора и др.).

Помимо сырья, из которого извлекают в качестве полезных компонентов химические элементы и их соединения, к неметаллическим полезным ископаемым относятся промышленные минералы (в том числе монокристаллы и кристаллические агрегаты) и промышленные горные породы.

Эти горные породы обладают ценными с практической точки зрения физическими (электропроводность, плотность и др.), химическими (растворимость, кислотоупорность, щелочеупорность и др.) и техническими (монолитность, декоративность, абразивность, огнестойкость и др.) свойствами.

Важнейшей особенностью многих неметаллических полезных ископаемых является значительная изменчивость их физико-химических и технических свойств, учитываемых при геолого-экономической оценке месторождений. Эта изменчивость может проявляться не только на уровне различных месторождений, но и в пределах одного месторождения и даже одной горной выработки. В первую очередь это свойственно слюде, пьезокварцу, асбесту и др.

При геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых одним из главных показателей являются запасы сырья. В таблице (см. ниже) приведена группировка месторождений некоторых неметаллических полезных ископаемых по разведанным запасам, принятая в России.

|  |
| --- |
| **Таблица 1. Группировка месторождений некоторых неметаллических полезных  ископаемых по разведанным запасам, принятая в России** |
| Вид сырья | Месторождения | | | |
|  | весьма крупные | крупные | средние | мелкие |
| Апатиты, млн т (P2O5) | более 100 | 100-50 | 50-10 | 10-1 |
| Фосфориты, млн т (Р2O5) |  | более 200 | 200-50 | до 50 |
| Сера самородная, млн т | более 50 | 50-10 | 10-1 | до 1 |
| Бор, млн т (В2O3) |  | более 1 | 1-0,25 | до 0,25 |
| Калийные соли, млрд т (К2О) | более 1 | 1-0,5 | 0,5-0,1 | до 0,1 |
| Хризотил-асбест, млн т волокна |  | более 5 | 5-0,5 | до 0,5 |
| Антофиллит-асбест, тыс т волокна |  | более 50 | 50-5 | до 5 |
| Слюда, тыс т сырец | более 25 | 25-5 | 5-1 | до 1 |
| Графит, млн т |  | более 10 | 10-1 | до 1 |
| Плавиковый шпат, млн т | более 2 | 2-0,5 | 0,5-0,1 | до 0,1 |
| Барит, млн т (собственно баритовые руды) |  | более 2 | 2-0,5 | до 0,5 |
| Барит, млн т (комплексные руды) | более 20 | 20-10 | 10-1 | до 1 |
| Цеолиты, млн т |  | более 100 | 100-10 | до 10 |
| Тальк, млн т | более 20 | 10-5 | 5-0,5 | 0,5-0,03 |
| Тальковый камень, млн т |  | более 40 | 40-15 | до 15 |
| Алмазы, млн карат: (коренные месторождения) | более 100 | 100-25 | 25-10 | до 10 |
| Алмазы, млн карат: (россыпи) |  | более 5 | 5-0,2 | до 0,2 |
| Гипс, млн т |  | более 50 | 50-5 | 5-1 |
| Бентонитовые глины, млн т |  | более 20 | 20-10 | до 10 |
| Каолины, млн т | более 50 | 50-30 | 30-10 | до 10 |
| Песок строительный, млн м3 |  | более 15 | 15-10 | до 10 |
| Песчано-гравийные смеси, млн м3 |  | более 30 | 30-10 | до 10 |
| Строительный камень, млн м3 |  | более 30 | 30-15 | до 15 |

Важная особенность неметаллического сырья - его взаимозаменяемость, в силу тождественности тех или иных свойств: для одной и той же цели используются различные виды сырья. Так, в качестве электроизоляторов могут выступать не только слюды, но и мрамор и тальковый камень, а в качестве смазочных веществ наряду с графитом могут применяться тальк и слюдяной порошок.

С другой стороны, один и тот же вид неметаллического сырья по сравнению с металлическим характеризуется значительно большим разнообразием своего использования. В частности, барит нашел свое применение и как утяжелитель буровых растворов, и как наполнитель бумаги, и как сырье для производства белил, и как компонент для экранирования помещений от радиоактивного излучения.

Общее распределение неметаллических полезных ископаемых по характеру использования в промышленности намечается следующим:

1. Химическое и агрономическое сырье: галолиты (соли), апатиты, фосфориты, сера самородная, мышьяковые руды, пирит, барит, флюорит, бораты, датолит, глауконит и др.

2. Металлургическое и теплоизоляционное сырье (флюсы, огнеупоры и теплоизоляторы): доломиты, известняки, тальковый камень, магнезит, кварциты, плавиковый шпат, кианит, огнеупорные глины, графит, бокситы, хромиты, хризотил-асбест, вермикулит и др.

3. Техническое сырье (диэлектрики, абразивы и др.): мусковит, флогопит, алмаз, корунд, топаз, гранаты, тальк, барит и др.

4. Пьезооптическое сырье: пьезокварц, турмалин, оптический флюорит, исландский шпат, оптический кварц, барит.

5. Цветные драгоценные и поделочные камни: алмаз, изумруд, александрит, рубин, сапфир, топаз, аметист, агат, опал, обсидиан, яшма, родонит, лазурит, нефрит, жадеит, ангидрит и др.

6. Строительные материалы (строительные и облицовочные камни, наполнители, гидравлические добавки, минеральные краски и др.): гравий, песок, изверженные породы, мраморы, известняки, песчаники, пемза, мел, охры и др.; а также искусственные легкие наполнители бетонов: керамзит, шунгизит, вспученный перлит и другие, полученные путем термической обработки соответствующих горных пород и минералов.

7. Стекольно-керамическое сырье: стекольные пески, полевые шпаты, пегматиты, каолиниты, кварц, глины, фарфоровые камни и др.

8. Цементное сырье (вяжущие материалы): известняки, мергели, глины, трассы, туфы, пуццоланы, гипс, ангидрит, опоки и др.

9. Сырье для новых отраслей промышленности (получение искусственных волокна и слюды, минеральной ваты, каменного литья и др.): диабазы, базальты, бокситы, глины, кварцевые пески и др.

По своему химическому и минеральному составу неметаллические полезные ископаемые существенно отличаются от металлических. Руды металлов сложены сульфидами, сульфосолями, оксидами и самородными элементами, тогда как неметаллические полезные ископаемые - это преимущественно силикаты, фосфаты, карбонаты, сульфаты, соли кислородных кислот, галоиды.

У неметаллических полезных ископаемых, как правило, нет характерных признаков металлических: непрозрачности, большой плотности, металлического блеска и др.

В меньшей степени - это минералы, а чаще горные породы, образующие пласты, линзы, толщи, пачки, штоки, дайки, массивы, зоны и т.д. (гипс, известняки, доломиты, изверженные породы, фосфориты, песчано-гравийные смеси и др.).

Неметаллические полезные ископаемые играют значительную роль в экономике всех стран, определяемую широкомасштабным многоцелевым использованием в производстве промышленной и сельскохозяйственной продукции, при создании наукоемких технологий и получении конструкционных материалов, композитов, специальной керамики. Их отдельные виды относятся к стратегическому сырью.

Особую значимость неметаллическим полезным ископаемым придают задачи, связанные с производством минеральных удобрений, бурным ростом строительства (стройматериалы), ускорением научно-технического прогресса (новые виды стройматериалов, новые марки цементов, новые виды керамики и стекол как конструкционные материалы и др.) и охраной окружающей среды (материалы для очистки вод и атмосферы от загрязнения, утилизация отходов горнорудных, металлургических и топливно-энергетических предприятий как новый источник неметаллического сырья, глубокая, комплексная переработка всех видов полезных ископаемых и внедрение безотходных технологий). Наиболее активно эти задачи решаются в США, Канаде, Великобритании, Китае, Индии, ЮАР и в других странах.

**Главные представители драгоценных и поделочных камней**

Драгоценные и поделочные камни - это разнородная по минералогическому составу группа минеральных тел, которая делится на собственно драгоценные (самоцветы) и поделочные камни.

К драгоценным камням относятся минералы (преимущественно кристаллы), бесцветные или обладающие красивой окраской, ярким блеском, большей или меньшей прозрачностью, высокой твёрдостью (от 5 до 10 по минералогической шкале), устойчивостью к изнашиваемости, высоким светорассеянием, чистотой тона окраски, однородностью цвета.

Все они идут главным образом для огранки. Блеск драгоценных камней определяется присущим этим минералам оптическим свойством — высоким коэффициентом преломления. Блеск и игра отражённых лучей усиливаются специальной огранкой.

Из оптических свойств ценятся также эффекты опалесценции и иризации, дающие яркие переливы красок (например, опал), астеризм (световой отблеск в виде 6-лучевой звезды, например астросапфир), изменение цвета при различном освещении (например, александрит), полихроизм (различие в окраске при прохождении света по разным направлениям в кристалле).

Твёрдость определяет устойчивость к изнашиванию, способность сохранять полировку, острые углы и рёбра огранки.

Ценность драгоценных камней определяется их редкостью — затратой большого количества труда на поиски и добычу, высокой стоимостью огранки, а также индивидуальными качествами камней — величиной, однородностью, красотой цвета и т.д. Расценка с учётом индивидуальных особенностей камня производится по каратам (1 карат = 200 мг); для жемчуга за единицу расценки принят гран = 0,25 карата.

К поделочным камням относятся полупросвечивающие, часто непрозрачные минеральные агрегаты, горные породы и др. минеральные тела с цветными включениями или рисунком. Они используются для крупных художественно-декоративных поделок (столешницы, вазы, стенные панно, флорентинская мозаика и прочее), для мелких вставок, орнамента, а также для технических целей (например, яшма, нефрит, малахит, агаты, флюорит и др.).

По физико-механическим свойствам, поделочные камни делятся на твёрдые (5 и выше по минералогической шкале, например нефрит, яшма, агат и др.) и мягкие (твёрдость 4 и ниже, например малахит, мраморный оникс, стеатит, флюорит и др.).

Ценность поделочных камней определяется также редкостью нахождения, индивидуальными свойствами (красота цвета, рисунки), а также трудом, затрачиваемым на их обработку. Расценка сырья с учётом индивидуальных свойств камня производится по килограммам, центнерам.

Согласно классификации А. Е. Ферсмана и М. Бауэра, указанные 2 главные группы драгоценных и поделочных камней подразделяются на порядки или классы (I, II, III) в зависимости от относительной ценности объединяемых в них камней.

Драгоценные камни (самоцветы) I порядка: алмаз, сапфир, рубин, изумруд, александрит, хризоберилл, благородная шпинель, эвклаз. К ним же относят жемчуг — драгоценный камень органического происхождения.

Высоко ценятся чистые, прозрачные, ровного густого тона камни. Плохо окрашенные, мутные, с трещинами и другими недостатками камни этого порядка могут цениться ниже драгоценных камней II порядка.

Вот один из представителей драгоценных камней I порядка: Сапфир



Драгоценные камни II порядка: топаз, берилл (аквамарин, воробьевит, гелиодор), розовый турмалин (рубеллит), фенакит, демантоид (уральский хризолит), аметист, альмандин, пироп, уваровит, хромдиопсид, циркон (гиацинт, жёлтый и зелёный циркон), благородный опал.

При исключительной красоте тона, прозрачности и величине перечисленные камни иногда ценятся наряду с драгоценными камнями I порядка.

Драгоценные камни III порядка: бирюза, турмалины зелёные и полихромные, кордиерит, сподумен (кунцит), диоптаз, эпидот, горный хрусталь, дымчатый кварц (раухтопаз), светлый аметист, сердолик, гелиотроп, хризопраз, полуопал, агат, полевые шпаты (солнечный камень, лунный камень), содалит, пренит, андалузит, диопсид, гематит (кровавик), пирит, рутил, янтарь, гагат.

Только редкие виды и экземпляры имеют высокую стоимость. Многие из них по применению и ценности являются так называемыми полудрагоценными.

Поделочные камни I порядка: нефрит, жадеит, лазурит, содалит, главколит, амазонит, лабрадор, орлец (родонит), малахит, авантюрин, кварцит (белоречит), кварц дымчатый и розовый, халцедон (перелифт, празем), агаты, яшмы, везувиан (калифорнит), письменный гранит (пегматит).

Поделочные камни II порядка: серпентин (змеевик), агальматолит, стеатит, селенит, ангидрит, обсидиан, мраморный оникс (восточный оникс), флюорит, каменная соль, морская пенка.

Поделочные камни III порядка: гипс, алебастр, мрамор, порфиры, брекчии, кварцит и др. породы. Они уже относятся больше к так называемым облицовочным материалам (декоративным камням), употребляемым в архитектурно-художественном деле.

Для придания более яркого цвета драгоценные и поделочные камни окрашивают различными химическими красителями (например, красные, чёрные и синие агаты, сердолик и др.). Цвет некоторых драгоценных камней перед огранкой может искусственно изменяться в желательном направлении путём нагревания или воздействия на минерал радиоактивным излучением, рентгеновскими и ультрафиолетовыми лучами (например, при облучении радием бесцветный алмаз становится зелёным).

Искусственные и синтетические драгоценные камни представляют особую группу. Среди синтетических драгоценных камней известны алмаз, изумруд, корунд (сапфир, рубин), шпинель, бесцветный рутил (имитирующий по блеску алмаз). Окрашивая синтетический корунд и шпинель введением примесей (Cr, Ti, V, Fe и др.), на их основе получают «аметисты», «александриты», «аквамарины» и другие. Синтетическим путём получают для огранки также все разновидности кристаллического кварца (горный хрусталь, аметист и др.).

Существуют многочисленные имитации драгоценных камней. Необходимо различать имитации (искусственные) и синтетические камни, идентичные или близкие к естественным драгоценным камням. Имитации делаются из страза, стекла, шлака, окрашенных различными примесями, и пластмассы (особенно для имитации янтаря).

**Список использованной литературы**

1. Химия: Справ. изд./ В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак и др.: Пер. с нем. - М.: Химия, 1989.

2. Сиротин Ю.М. Шаскольская М.П. Основы кристаллографии. М. Мир. 1979.

3. Годовиков А.А. Краткий очерк по истории минералогии. М., РАН, 1998.

## 4. Основы геологии Авторы: Н.В.Короновский, А.Ф.Якушова

5. Мишкевич Г. И. Его величество Алмаз. Л., 1972

6. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. М., 1973

7. Пыляев М. И. Драгоценные камни, их свойства и употребление. СПб., 1887

8. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. М., 1954

9. Соболев B. С., Введение в минералогию силикатов, Львов, 1949;

10. Романович И.Ф., Месторождения неметаллических полезных ископаемых, М., 1986. И. Ф. Романович.

11. А. Смит “Драгоценные камни”

12. Андерсон Б. Определение драгоценных камней: Пер. с англ. –М.: мир, 1983.