

С. А. ЮШКО и С. С. БОРИШАНСКАЯ

**ТАБЛИЦА  
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ  
ПРИЗНАКОВ  
МИНЕРАЛОВ  
В ШЛИХАХ**

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

С. А. ЮШКО и С. С. БОРИШАНСКАЯ

ТАБЛИЦА  
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ  
МИНЕРАЛОВ В ШЛИХАХ

5341



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР  
МОСКВА 1955



*В. А. Шамкин*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Принцип построения таблиц	6
Условные обозначения, принятые в таблице	8
Указатель к таблице	13
Описание минералов	14
Микрохимические реакции отдельных элементов и методика их выполнения	50
Заключение	57
Список минералов	58
Литература	60

Редактор издательства *Н. И. Спирина*

Техн. редактор *О. А. Гурова*

Корректор *А. А. Кретищенко*

Сдано в набор 27/XII 1954 г.

Подписано к печати 19/II 1955 г.

Формат бумаги 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 2,5. Печ. л. 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub> + 2 вкл. — 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> л.

Уч.-изд. л. 5,0. Т 01569. Тираж 8000 экз. Заказ № 1550. Цена 2 р 85 к.

Картфабрика Госгеолтехиздата



## ВВЕДЕНИЕ

Шлиховой анализ является одним из полевых методов минералогического анализа, объектом исследования которого служит главным образом тяжелая фракция шлиха<sup>1</sup>.

Этот метод широко применяется геологами при поисках и разведке россыпных и коренных месторождений полезных ископаемых. За последние годы его применение при поисках различных полезных ископаемых еще больше расширилось. Так как минералогическое изучение шлихов должно проводиться непосредственно в поле, то одной из главных задач минералогов, занимающихся изучением шлихов, является разработка полевых методов скоростного определения минералов.

Разработкой полевых и лабораторных методов минералогического анализа шлихов уже давно занимаются Е. В. Копченова, М. Н. Чуева, С. А. Юшко, В. А. Новиков и др. Ими опубликованы работы и руководства по методике минералогического анализа [1, 2, 3, 4].

Как известно, шлиховой анализ состоит из двух частей. Вначале все минералы шлиха разделяют на фракции, используя их степень магнитности и удельный вес, а затем переходят к минералогическому анализу каждой фракции в отдельности и устанавливают минералогический состав шлиха и количественное содержание полезных компонентов.

Обычно перед разделением шлиха на фракции проводят предварительно ситовой анализ его и разделяют его по крупности зерен на классы: I класс от  $-2$  до  $+1$  мм; II класс от  $-1$  до  $+0,5$  мм; III класс от  $-0,5$  до  $+0,25$  мм. На фракции в этом случае сначала разделяют самый большой по весу класс; при этом желательно, чтобы это был какой-нибудь промежуточный класс, так как, во-первых, однородный по размеру зерен класс будет вполне разделяться на фракции (особенно при работе с тяжелыми жидкостями) и, во-вторых, будет известен размер зерен, что облегчит определение весовых процентов минералов в шлихе.

<sup>1</sup> Шлихом, как известно, называют концентрат тяжелых минералов, полученный при промывке водой рыхлых отложений горных пород. Шлих, полученный промывкой искусственно раздробленных горных пород и руд, называют протолочкой.



Диагностика минералов в шлихе основана преимущественно на определении минералов по их внешним признакам: блеску, твердости, цвету, цвету черты, спайности, хрупкости, ковкости и форме зерен. Если определения этих свойств недостаточны для диагностики минерала, прибегают к методам микрохимического анализа; с помощью последнего часто можно различить весьма сходные между собой по физическим свойствам минералы. Для этого определяют какой-нибудь входящий в их состав химический элемент, как, например, фосфор в монаците, олово в касситерите, хром в хромите; кроме того, например, ильменит можно отличить от тантал-ниобатов по характеру пленочной реакции и т. д.

Методика определения химических элементов с помощью реакций микрохимического анализа для очень большого количества минералов шлиха хорошо разработана [1, 2, 4], производится быстро и не требует специальной лабораторной обстановки. Однако далеко не все минералы могут быть определены таким способом. Например, при определении силикатов отдельные представители этой группы не могут быть различимы ни по внешним признакам, ни тем более на основании их химического состава. Для таких минералов обычно приходится применять оптические методы исследования. Так как при исследовании шлиха главным образом приходится иметь дело с мелкоизмельченным материалом, то диагностика минералов основана на определении их показателей преломления с помощью иммерсионного метода. Определение таких оптических свойств, как показатель преломления, требует применения поляризационного микроскопа. Следует, однако, отметить, что при сравнительно непродолжительной работе со шлихами минералог очень скоро начинает различать главную массу минералов этой группы по их внешним признакам и к оптическим методам, в полевой обстановке, прибегает сравнительно редко. В лабораторной же обстановке, во избежание ошибок, определение оптических свойств для определения минералов этой группы весьма желательно. Некоторые минералоги (Е. В. Копченова, В. М. Петров и др.) при определении ряда минералов используют специальные стандартные наборы тяжелых жидкостей. Этот набор позволяет определять удельные веса для некоторых минералов с точностью до второго знака.

Очень облегчает диагностику некоторых минералов шлиха способность их светиться (люминесцировать) при освещении их катодными, ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами. В настоящее время выпущены в Советском Союзе такие приборы, как ЛЮМ-2 и солнечный люминескоп. С помощью последнего можно проводить не только качественное определение характера люминесценции минералов, но и количественно измерять ее. Однако люминесцентный анализ решающее значение при диагностике минералов имеет для очень небольшой группы минералов, для которых это свойство (люминесцировать) более или

менее постоянно, как, например, шеелит, циркон и др. Для данных минералов люминесцентный анализ может быть применен при определении количественного содержания их в шлихе. Некоторые разновидности флюорита обладают свойством светиться при нагревании, а разновидности сфалерита — при царапании их стальной иглой. Поэтому упомянутые свойства минералов могут быть использованы лишь в дополнение к остальным, более постоянным, свойствам минералов.

В последнее время при диагностике ряда редкоземельных минералов в шлихе применяется спектральный анализ. С помощью последнего производят качественный и количественный анализ минералов шлиха на основании их эмиссионных спектров. Для данного метода требуется лабораторная обстановка, поэтому в поле он применяется относительно редко.

Предлагаемая нами таблица дает наглядное представление о минералогическом составе фракций шлиха и о свойствах минералов, которые должны быть использованы при их диагностике. Таблица предлагается в качестве наглядного учебного пособия для всех вузов и втузов при проведении шлихового анализа, а также с успехом может быть использована в качестве пособия производственными лабораториями.



## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ТАБЛИЦ

В предлагаемой таблице главнейшие минералы шлиха, как обычно в шлиховом анализе, подразделены на три фракции: группа А — минералы магнитной фракции (сильно магнитные); группа Б — минералы электромагнитной фракции (средне и слабо магнитные); группа В — минералы неэлектромагнитной фракции (тяжелые и легкие минералы). При разбивке минералов на эти три группы нами были использованы преимущественно данные Е. В. Копченовой [1].

Как известно, некоторые разновидности минералов (как, например, гранаты, пироксены, амфиболы, шпинель и др.) обладают не одинаковыми свойствами. Такие разновидности минералов нами помещены в группы, соответствующие свойствам этих разновидностей минералов. Содержащие железо гранаты, амфиболы, пироксены и др. помещены нами в электромагнитную фракцию, а не содержащие железа — в тяжелую фракцию. Частота нахождения минералов в той или иной группе отмечена на таблице условным знаком.

### А. МИНЕРАЛЫ МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

В эту группу помещены минералы, которые притягиваются ручным магнитом: магнетит, пирротин, самородная платина и самородное железо. В районе развития метаморфизма к этой группе могут относиться метаморфизованные разновидности хромита. Иногда к ней относятся выделения ильменита, находящиеся в тесном сростании с магнетитом, — титаномагнетит (распадение твердого раствора ильменит-магнетит).

### Б. МИНЕРАЛЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

В эту группу объединяются минералы, обладающие более слабо выраженными магнитными свойствами. Минералы этой группы выделяются с помощью сильного магнита Сочнева или с помощью электромагнита Окунева. При работе с электромагнитом Окунева изменением силы тока разделяют минералы на сильно и слабо электромагнитные фракции.



Ниже приводится перечень минералов, распределенных по группам с использованием их основных физических свойств.

## МИНЕРАЛЫ СРЕДНЕЙ МАГНИТНОСТИ

### Минералы непрозрачные

Блеск металлический и полуметаллический

Гематит, вольфрамит, ильменит, колумбит-танталит, хлопит, хромит, гидроокислы железа, окислы и гидроокислы марганца.

### Прозрачные минералы

Блеск алмазный и стеклянный

#### *Изотропные*

Самарскит, фергюсонит, блонстрандин-приорит, пикотит, пироксид, гранат.

#### *Анизотропные*

Гиперстен, авгит, турмалин, роговая обманка, актинолит.

## МИНЕРАЛЫ СЛАБОЙ МАГНИТНОСТИ

Блеск полуметаллический и алмазный

#### *Изотропные и анизотропные*

Эшинит, поликраз-эксенит, уранинит, сфен, сфалерит, ампагабит, браннерит.

Блеск стеклянный

#### *Изотропные и анизотропные*

Шпинель, монацит, гадолинит, ксенотим, эпидот, ортит, ставролит, везувиан, диопсид, аксинит, оливин, антофиллит.

## В. МИНЕРАЛЫ НЕЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ

Минералы этой фракции разделяются по удельному весу с помощью тяжелых жидкостей, например бромформом, на две группы—тяжелую фракцию с удельным весом больше 2,9 и легкую фракцию с удельным весом меньше 2,9. Нередко в полевых партиях разделение минералов по удельному весу проводится путем отмывания минералов с большим удельным весом обычным способом отмывки водой или др. тяжелых жидкостей [1].

## ТЯЖЕЛАЯ ФРАКЦИЯ С УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ $> 2,9$

### Непрозрачные минералы

Сперрилит, осмистый иридий, арсенопирит, кобальтин, пирит, палладий, платина, висмут, гессит, петцит, серебро, медь, золото, свинец, халькопирит, антимонит, висмутин, галенит, халькозин, молибденит.

### Полупрозрачные минералы

Уранинит, торианит, браунит, ампангабеит, бисмутит, гюбнерит, киноварь, лейкоксен.

### Прозрачные минералы

Блеск алмазный и смолистый

#### *Изотропные*

Торит, ромент, джалмаит, пирохлор, перовскит, алмаз, сфалерит.

#### *Анизотропные*

Корунд, ортит, ксенотим, бастнезит, азурит, малахит, монацит, шеелит, циркон, сфен, церуссит, касситерит, бадделейт, штольцит, вульфенит, ванадинит, торолит, анатаз, реальгар, брукит, рутил, аурипигмент.

Блеск стеклянный

#### *Изотропные*

Флюорит, гранат, шпинель.

#### *Анизотропные*

Волластонит, топаз, гамлинит, тремолит, лазулит, андалузит, барит, апатит, лепидолит, фенакит, энстатит, эвклаз, актинолит, сподумен, роговая обманка, силлиманит, флоренсит, оливин, турмалин, аксинит, цоизит, диопсид, кванит, гиперстен, везувиан, клиноцоизит, диаспор, хризоберилл, ставролит, бенитоит, смитсонит, сидерит, фаялит.

## ЛЕГКАЯ ФРАКЦИЯ С УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ $< 2,9$

Графит, опал, янтарь, кварц, полевые шпаты, кордиерит, берилл, хлориты, мусковит, кальцит, биотит и др.

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТАБЛИЦЕ

Как уже отмечалось выше, при диагностике минералов в шлихе используются такие свойства минералов, как блеск, твердость, цвет черты, спайность, ковкость, хрупкость и др. Все



эти свойства показаны графически (см. условные обозначения на таблице).

**Блеск.** Является одним из главных свойств минералов. По блеску все минералы в шлихе разделяются на четыре группы.

1. Минералы с металлическим блеском. Характерной особенностью минералов этой группы является их полная или почти полная непрозрачность (пирит, молибденит и др.).

2. Минералы с полуметаллическим блеском. К этой группе минералов относятся частично непрозрачные минералы (магнетит) и полупрозрачные (хромит, киноварь, гематит, гётит и др.). Последние обладают окрашенной чертой.

3. Минералы с алмазным и жирным блеском. Характерной особенностью минералов этой группы является их большой показатель преломления (как у циркона и даже больше) и бесцветная черта.

4. Минералы со стеклянным и перламутровым блеском. К этой группе относятся минералы с низким показателем преломления, близким к показателю преломления кварца. Минералы этой группы, как правило, обладают бесцветной или очень слабо окрашенной чертой.

#### **Твердость.**

По твердости минералы в таблице подразделяются на три группы.

1. Твердые минералы (твердость больше 5,5). Минералы этой группы царапают стекло и раздавливаются между двумя предметными стеклами с резким хрустом.

2. Минералы средней твердости (твердость меньше 5). Минералы раздавливаются между двумя предметными стеклами с глухим треском, стекло не царапают.

3. Минералы низкой твердости (твердость меньше 3). Очень легко и беззвучно размазываются и растираются между стеклами.

**Цвет минерала.** На рисунке показана естественная окраска минерала при дневном свете.

**Цвет черты.** Минерал определяется по характеру черты получаемой на фарфоровой пластинке. Цвет черты, как и цвет минерала, показан в естественной окраске порошка.

**Хрупкость и ковкость.** Определение этих свойств для некоторых минералов имеет существенное значение, поэтому в таблице они показаны в условных обозначениях. Эти свойства минералов легко определяются, если поместить зерна минерала между двумя стеклами: минералы хрупкие рассыпаются при нажиме в порошок, минералы ковкие — сминаются в лепешку.

**Спайность и излом минерала.** Для некоторых минералов (шеелит, гематит, вольфрамит) спайность является свойством, помогающим выделить эти минералы из группы сходных с ними.

По степени проявления этого свойства у минералов различается спайность совершенная и несовершенная. В тех случаях,



когда спайность резко выражена в каком-нибудь кристаллографическом направлении кристалла, показаны индексы этих направлений.

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Для целого ряда минералов группы В весьма характерным является их способность светиться под действием катодных ультрафиолетовых и рентгеновских лучей. Это свечение бывает различным по окраске, оно показано в естественных цветах на таблице. Как известно, у некоторых минералов это свойство настолько постоянно (шеелит, циркон, алмаз и др.), что им можно пользоваться при установлении количественного содержания минерала в шлихе.

## МИКРОХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ

Из числа микрохимических реакций, применяющихся для определения химического состава минерала, в шлиховом анализе наиболее желательным является применение пленочных реакций, так как они помогают выделить из нескольких сходных минералов определяемый минерал. Однако для тех минералов, для которых еще не разработаны пленочные реакции, можно применять реакции капельного и кристаллоскопического анализов (Юшко, 1953).

При описании микрохимических реакций применяются следующие условные обозначения:

микр. р. — микрохимическая реакция;

плен. р. — пленочная реакция;

р. — растворитель минерала — раствор кислоты или соли, применяемой с целью растворения;

1—2—3 мин. и т. д. — время, необходимое для растворения минерала;

п — проявитель — раствор соли, дающий цветные осадки с испытуемым химическим элементом;

о — окраска осадка или раствора.

**Определение оптических свойств** для большинства прозрачных минералов шлихов имеет решающее значение при их диагностике. Определение последних производится с помощью иммерсионного метода.

На таблице приводятся основные оптические свойства минералов, которые обозначены так:

Показатели преломления  $|Ng, Np$  и  $Nm$ .

Сила двупреломления  $|Ng-Np$ .

$\left| \begin{array}{c} \overline{\overline{1}} \\ \overline{1} \\ \underline{\underline{1}} \end{array} \right|$  — одноосный.

$\left| \begin{array}{c} \overline{\overline{1}} \\ \overline{1} \\ \underline{\underline{1}} \end{array} \right|$  — двуосный.

⊕ — положительный.

⊖ — отрицательный.

Изотр. — изотропный.

Примечание. Аномальные отклонения указаны в скобках.

Плеох. — минерал плеохроирует.

Ин-плеох. — иногда плеохроирует.

Сингония минералов показана условными обозначениями.

Для примера изображения свойств минералов на таблице с помощью выше предлагаемых условных обозначений возьмем два минерала тяжелой фракции — касситерит и циркон (рисунок).

**Касситерит.** Минерал не обладает электромагнитными свойствами, находится в группе В (неэлектромагнитной тяжелой фракции) среди прозрачных минералов, обладающих алмазным блеском, анизотропный. Химический состав минерала  $\text{SnO}_2$ . Сингония тетрагональная, чаще всего встречается в виде призматических дипирамидальных кристаллов, уд. в. 6,8—7,1. Характерны колеччатые двойники по (101). Блеск алмазный. Твердость 5,5. Цвет коричневый, зеленый, красный и бесцветный. Черта бесцветная. Спайность несовершенная по (100). Оптические свойства минерала  $N_g = 2,093$ ;  $N_p = 1,997$ ;  $N_g - N_p = 0,096$ . Оптически одноосный, иногда аномально двуосный, положительный. Иногда наблюдается плеохроизм. Приведена пленочная реакция, характерная для определения касситерита с  $\text{HCl}$  и металлическим  $\text{Zn}$ .

**Циркон.** Минерал не обладает электромагнитными свойствами, находится в группе В (неэлектромагнитной тяжелой фракции) среди прозрачных, анизотропных минералов, обладающих алмазным блеском. Химический состав минерала  $\text{ZrSiO}_4$ . Сингония тетрагональная. Чаще всего встречается в виде призматических, дипирамидальных кристаллов. Уд. в. 4,68—4,70. Блеск алмазный. Твердость 5,5. Цвет бледножелтый, зеленый, розовый, бурый, серый, бесцветный. Черта бесцветная. Спайность несовершенная по (110) и (111). Излом раковистый. Обладает желтой, оранжевой и зеленой люминесценцией в катодных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучах. Оптические свойства минерала:  $N_g = 1,968 - 2,015$ ;  $N_p = 1,923 - 1,960$ ;  $N_g - N_p = 0,045 - 0,055$ . Оптически одноосный, положительный, но иногда аномально двуосный. Иногда наблюдается плеохроизм.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПО ПРЕДЛАГАЕМЫМ ТАБЛИЦАМ (СМ. ПУНКТЫ ТАБЛ. А, Б, В)

*Пример 1.* Определение минерала магнитной фракции.  
Физические свойства определяемого минерала:

1. Непрозрачен.
2. Блеск металлический.



3. Твердость низкая.
4. Ковкий.
5. Спайность отсутствует.

На табл. А, ряд I, такими свойствами обладают два минерала — самородное железо и самородная платина. Для определения минерала прежде всего нужно проверить его растворимость в азотной кислоте, так как самородное железо хорошо растворяется, а самородная платина не растворяется.

Кроме того, для определения минерала нужно сделать микрохимическую реакцию на платину (см. стр. 54), присутствие последней укажет на то, что это самородная платина.

*Пример 2.* Определение минерала электромагнитной фракции. Физические свойства определяемого минерала:

1. Прозрачный.
2. Блеск жирный, алмазный.
3. Анизотропный.
4. Твердость высокая.
5. Цвет оранжево-бурый.
6. Черта бесцветная.
7. Хрупкий.
8. Спайность выражена неясно.

Такими свойствами обладают в табл. Б два минерала: монацит, сфен. Для диагностики минерала необходимо сначала произвести определение химического состава этих минералов. Начинают с более просто выполнимых реакций, как например, в данном случае производят реакцию на фосфор с молибденовокислым аммонием. Если реакция на фосфор дала положительный результат, то минерал является монацитом (см. стр. 23).

Ниже приводится указатель, с помощью которого предлагаемую нами таблицу диагностических признаков минералов в шлихах можно использовать в качестве определителя. Зная основные физические свойства неизвестных минералов, с помощью этого указателя можно быстро находить их в таблице (см. выше примеры 1 и 2).



УКАЗАТЕЛЬ К ТАБЛИЦЕ

Фракции		Степень прозрачности	Блеск	Оптические свойства	Группы фракций	№ рядов	Количество минералов в группе
Магнитная	Сильно магнитная	Непрозрачные	Металлический	Изотропные и анизотропные	А	1	3
			Полуметаллический	Изотропные	А	1	2
Электромагнитная	Среднемагнитная	Непрозрачные	Металлический	Изотропные и анизотропные	Б	1	3
			Полуметаллический	Изотропные и анизотропные	Б	1	5
	Прозрачные	Алмазный Стеклоанный	Изотропные	Б	2	6	
			Анизотропные	Б	2	5	
	Слабо магнитная	Непрозрачные и прозрачные	Полуметаллический Алмазный	Изотропные	Б	3	6
				Анизотропные	Б	3	1
Стеклоанный	Изотропные		Б	4	1		
	Анизотропные		Б	4	11		
Неэлектромагнитная	Тяжелая	Непрозрачные Полупрозрачные	Металлический	Изотропные и анизотропные	В	1—2	20
				Изотропные и анизотропные	В	3	8
	Прозрачные	Алмазный Смолистый	Изотропные	В	4	6	
			Анизотропные	В	5—7	22	
	Стеклоанный		Изотропные	В	8	3	
			Анизотропные	В	9—11	33	
Легкая	Непрозрачные и прозрачные	Металлический Стеклоанный	Изотропные и анизотропные	В	12	11	

## ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

В данном разделе приведено описание главнейших диагностических признаков минералов в шлихах. Описание минералов сделано в полном соответствии с таблицей, что в значительной мере должно облегчить диагностику минералов в шлихах.

Все минералы при описании разбиты на группы, соответствующие фракциям. В пределах фракции минералы, в свою очередь, разбиты на группы, соответствующие порядковым рядам в таблице, и обозначены римскими цифрами (I, II, ... VIII. X и т. д.). В пределах этих групп минералы расположены по порядку их свойств в каждом ряду таблицы.

### А. МАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ

#### МИНЕРАЛЫ СИЛЬНОЙ МАГНИТНОСТИ

##### Ряд I

##### Платина Pt

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 14—19. Кристаллы редки, встречается в округлых или сплюснутых зернах. Блеск металлический. Тв. 4—4,5. Цвет алюминиево-серый. Черта серая. Спайности нет. Ковкая. Разности, содержащие железо, магнитны и выделяются постоянным магнитом вместе с магнетитом.

Химические свойства. В кислотах не растворяется.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в течение 2 мин. в царской водке после прибавления  $\text{SnCl}_2$  появляется золотисто-желтое окрашивание.

##### Железо Fe

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 7,0—7,8. Встречается в виде сплошных масс, реже в кристаллах. Блеск металлический. Тв. 4—5. Цвет стально-серый до железно-черного. Спайность по (100) совершенная. Излом крючковатый. Сильно магнитно; ковкое.

Химические свойства. В кислотах растворяется.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в течение 1 мин. в  $\text{HCl}$  (1:1), после прибавления  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляется синее окрашивание.



### Пирротин $Fe_n S_{(n+1)}$

Физические свойства. Сингония гексагональная. Уд. в. 4,58—4,70. Встречается в виде неправильных осколков. Блеск металлический. Тв. 3,5—4,5. Цвет бронзово-желтый с томпаково-бурой побежалостью. Сильно магнитный. Излом неровный.

Химические свойства. Растворяется в  $HNO_3$  и  $HCl$  с выделением  $H_2S$ .

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в течение 2 мин. в  $HNO_3$  (1:1). После прибавления  $K_4Fe(CN)_6$  появляется синее окрашивание.

### Магнетит $Fe_3O_4$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 5,16—5,18. Встречается в виде кристаллов-октаэдров, ромбододекаэдров и неправильных зерен. Блеск металлический или полуметаллический. Тв. 5,5—6,5. Цвет железо-черный. Черта черная. Сильно магнитный. Хрупкий. Излом неровный.

Химические свойства. Растворяется в  $HNO_3$  и  $HCl$  с трудом при нагревании.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в течение 2 мин. в  $HCl$  конц., после прибавления  $K_4Fe(CN)_6$  появляется синее окрашивание.

### Хромит $FeCr_2O_4$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 4,0—4,9. Встречается в виде октаэдров и угловатых неправильных зерен. Блеск металлический, полуметаллический. Тв. 5,5. Цвет железо-черный и коричнево-черный. Черта бурая. Слабо магнитный, хрупкий. Излом неровный.

Оптические свойства. Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает.  $N = 2,07—2,16$ . Изотропный.

Микрохимические реакции. Сплав растертого в порошок минерала с сухим  $KOH$  или со смесью соды и селитры растворяют в течение 2 мин. в  $HCl$  (1:1). После прибавления  $Na_2O_2$  с бензидином появляется синее окрашивание. Перл минерала с фосфорной солью окрашен в зеленый цвет.

## Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ

### МИНЕРАЛЫ СРЕДНЕЙ МАГНИТНОСТИ

#### Минералы непрозрачные

Блеск металлический и полуметаллический

#### Ряд I

### Гематит $Fe_2O_3$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 4,9—5,3. Встречается в виде неправильных окатанных зерен или плоских пластинок. Блеск металлический. Тв. 5,5—6,5. Цвет



стально-серый или железно-черный, в землистых разностях красноватый. Черта вишнево-красная. Хрупкий. Излом неровный.

Оптические свойства. Непрозрачный. В тонких осколках имеет красный цвет, просвечивает.  $N_g = 3,01-3,22$ ;  $N_p = 2,74-2,94$ ;  $N_g - N_p = 0,18-0,28$ . Одноосный, отрицательный.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в течение 3 мин. в HCl конц. После прибавления  $K_4Fe(CN)_6$  появляется синее окрашивание.

#### **Вольфрамит** (Mn,Fe)WO<sub>4</sub>

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 6,7—7,5. Встречается в виде таблитчатых или призматических зерен. Двойники по (100) и (023). Блеск металлический. Тв. 4,5—5,5. Цвет темносерый, буровато-черный. Черта черная, буроватая. Хрупкий. Спайность весьма совершенная по (010). Менее совершенная по (100) и (102). Наблюдается вертикальная штриховка на гранях призмы. Излом неровный.

Оптические свойства. Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает.  $N = 2,17-2,46$ ;  $N_g - N_p = 0,15-0,16$ . Оптически двуосный, положительный.

Микрохимические реакции. Порошок минерала кипятится с HCl конц. и металлическим оловом. Раствор окрашивается в синий цвет.

#### **Ильменит** FeTiO<sub>3</sub>

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 4,5—5,0. Встречается в виде округлых и угловатых зерен, иногда шестиугольных пластинок. Блеск металлический. Тв. 5—6. Цвет железо-черный. Черта черная. Спайности не наблюдается. Излом раковистый. Неровный.

Оптические свойства. Непрозрачный. Края иногда просвечивают бурым цветом. Показатель преломления высокий. Двупреломление высокое.

Микрохимические реакции. Сплав минерала с сухим KOH растворяют в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:20). После прибавления 3% -й H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> появляется желтое окрашивание.

#### **Колумбит-танталит** (Fe, Mn) (Nb,Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 5,15—8,20. Встречается в блестящих окатанных кристаллах, иногда призматической формы. Образует сердцевидные двойники. Блеск полуметаллический. Цвет серовато-черный и буровато-черный. Черта буровато-черная. Хрупкий. Спайность по (100) ясная; по (010) менее ясная. Излом неровный.

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает.  $N_g = 2,25-2,43$ ;  $N_p = 2,15-2,26$ ;  $N_g - N_p = 0,10-0,17$ . Двуосный. Колумбит — оптически отрицательный; танталит — оптически положительный.

Микрохимические пленочные реакции. Для вольфрамита, ильменита и колумбит-танталита. Минералы обра-

батьваются расплавленным  $K_2S_2O_7$ , затем после охлаждения добавляют конц.  $H_2SO_4$ . Сплав растворяется, минералы покрываются голубовато-серой пленкой, которая после обработки 5%-ой  $H_2SO_4$  и 1%-ным раствором таннина у тантал-ниобатов становится оранжево-желтой, у вольфрамита — буровато-черной, у ильменита — не изменяется.

**Хлопинит** — (сложный титано-ниобат  $Y, Fe, U, Th$ )

**Физические свойства.** Микрокристаллический. Уд. в. 5,24. Блеск полуметаллический. Тв. 5—6,5. Цвет черный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. Просвечивает только в тонких осколках. Изотропный.  $N = 2,10—2,27$ . Сильно радиоактивный.

**Хромит**

Описание см. стр. 15.

**Гидроокислы железа**  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ;  $FeO \cdot OH \cdot nH_2O$

**Физические свойства.** Скрытокристаллический минерал. Часто образует псевдоморфозы по пириту и марказиту, а также натечные и гроздевидные образования, конкреции и оолиты. Уд. в. 3,3—4,0. Блеск полуметаллический. Тв. 5—5,5. Цвет бурый. Черта желтовато-бурая. В катодных лучах люминесцирует красным цветом.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает.  $N = 2,05$ .

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют в  $HCl$  конц. После добавления  $K_4Fe(CN)_6$  или  $K_3Fe(CN)_6$  образуется синее окрашивание.

**Окислы и гидроокислы марганца**  $nMn_2O_3 \cdot mH_2O$  (пиролзит, псиломелан и др.).

**Физические свойства.** Скрытокристаллические, почковидные образования. Уд. в. 4,7—5,0. Блеск полуметаллический. Тв. 2—7. Цвет черный, до стально-серого с синеватым оттенком. Черта черная, иногда бурая.

**Химические свойства.** В  $HCl$  растворяется с выделением хлора.

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют 1 мин. в уксусно-кислом бензидине, появляется синее окрашивание.

### Минералы прозрачные

Блеск алмазный и стеклянный

Изотропные и анизотропные

#### Ряд II

**Самарскит**  $(Y, Er \dots)_4[(Nb, Ta)_2O_7]_3$

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 5,6—5,8. Встречается в виде неправильных окатанных зерен, покрытых с поверхности желтым налетом. Блеск стеклянный, алмазный. Тв. 5—6. Цвет бархатночерный. Черта красно-бурая



до черной. Хрупкий. Излом раковистый. Спайность по (010) едва различимая.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает коричневым.  $N = 2,11-2,25$ . Обычно изотропный. Иногда анизотропный с сильным дупреломлением.

**Пленочные реакции.** См. колумбит, стр. 16.

**Фергюсонит** (Y,Er,Ce,U...) (Nb,Ta,Ti) $O_4$

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 5,5—5,8. Встречается в виде неправильных зерен или пирамидальных кристаллов, иногда с поверхности покрытых темным налетом. Блеск стеклянный, алмазный. Тв. 5,5—6,5. Цвет буровато-черный. Черта светлорубая. Спайность по (III) неясная. Излом неяснораковистый, хрупкий. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает. Изотропный, иногда анизотропный. Показатель преломления у изотропных разностей  $N = 2,06-2,19$ ; у анизотропных  $N = 2,115-2,20$ .

**Пленочная реакция.** См. колумбит.

**Бломстрандин-приорит** (титано-ниобаты J,Er,Ce,U).

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 4,88—5,05. Встречается в виде таблитчатых или неправильных зерен. Блеск алмазный. Тв. 5,5. Цвет буровато-черный, в осколках желто-бурый. Черта желтая. Излом раковистый. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает. Изотропный.  $N$  около 2,14. Характерен желтоватый налет на зернах.

**Пленочные реакции.** См. колумбит, стр. 16.

**Пикотит** (Mg,Fe) (Al,Fe,Cr) $_2O_4$ . (Минерал группы шпинели)

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 4,08—4,10. Встречается в мелких неправильных зернах, иногда октаэдрах. Образует двойники по (111). Блеск стеклянный. Тв. 8. Цвет красновато-бурый, кофейно-бурый. Черта бурая. Спайность едва заметная. Излом раковистый.

**Оптические свойства.** Просвечивающий до непрозрачного. Преломление высокое.  $N = 2,05$ . Изотропный.

**Микрохимическая реакция.** Сплав минерала с сухим КОН растворяют в течение 2 мин. в HCl (1:1). После прибавления  $Na_2O_2$  и бензидина появляется синее окрашивание по периферии капли, указывающее на присутствие хрома.

**Пирохлор** (Na,Ca,Fe,Ce,U,Th) $_2(Nb,Ti)_2O_6(OH,F)$ .

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 4,03—4,36. Встречается в виде мелких октаэдров или неправильных зерен. Блеск жирный до стеклянного. Тв. 5—6. Цвет бурый, красный, желтый, в свежем изломе почти черный. Черта бурая. Хрупкий. Спайность по (111) неясная. Излом раковистый.

**Оптические свойства.** Непрозрачный, просвечивает в тонких осколках. Изотропный, иногда обладает аномальным дупреломлением.  $N = 1,96-2,02$ .

Пленочные реакции. См. колумбит, стр. 16.

Гранат  $A_3B_2(SiO_4)_3$

$A = Ca, Mg, Fe, Mn$

$B = Al, Fe, Cr, Ti, Mn$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 3,3—4,3. Встречается в хорошо образованных кристаллах-дodeкаэдрах и трапецоэдрах, а также в виде неправильных обломков зерен. Блеск стеклянный до жирного. Тв. = 6,5—7,5. Цвет красный, бурый, желтый, зеленый, белый, черный. Черта белая. Хрупкий. Спайность по (110). Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления изменяется в зависимости от состава.  $N = 1,71—1,89$ . Изотропный, иногда аномально анизотропен.

Гиперстен  $(Mg, Fe)[Si_2O_6]$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,3—3,5. Встречается в виде призматических шероховатых зерен. Блеск стеклянный. Тв. 5—6. Цвет коричнево-зеленый, серовато-зеленый, оливковый, коричневый. Черта сероватая, коричнево-серая. Хрупкий. Спайность совершенная по (110), хорошая по (010) и реже по (100). Излом неровный.

Оптические свойства. Просвечивает до почти непрозрачного.  $N_g = 1,69—1,73$ ;  $N_p = 1,68—1,71$ ;  $N_g - N_p = 0,013$ ;  $2V = 80^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Плеохроизм сильный, особенно с большим содержанием Fe.  $N_p$  — розовый;  $N_m$  — желтый;  $N_g$  — зеленый.

Авгит  $Ca(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,2—3,6. Встречается в виде короткопризматических кристаллов или неправильных зерен. Блеск стеклянный. Тв. 5—6. Цвет зеленый, черновато-зеленый, реже коричневый и желтовато-серый. Черта белая, зеленоватая. Часто образует двойники по (100). Спайность по (100). Излом неровный.

Оптические свойства.  $N_g = 1,710—1,724$ ;  $N_p = 1,682—1,700$ ;  $N_g - N_p = 0,024—0,026$ ;  $2V = 50—61^\circ$ . Оптически двуосный, положительный. Разности, содержащие большое количество Fe, Ti, плеохроичны:

$N_g$  — зеленовато-желтый или красноватый;  $N_m$  — буровато-красный или фиолетовый;  $N_p$  — зеленовато-желтый или красноватый. Дисперсия  $r > v$ .

Турмалин  $(Na, Ca)(Mg, Al)_6[Si_6Al_3B_3(O, OH)_{30}]$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 2,98—3,20. Встречается в призматических кристаллах с вертикальной штриховкой, имеющих в поперечном сечении форму сферического треугольника. Блеск стеклянный, смолистый. Тв. 7—7,5. Цвет бурый, черный, темносиний, зеленый, розовый, редко бесцветный. Некоторые образцы имеют зональную



окраску. Черта бесцветная. Спайность несовершенная (1120) и (1011). Излом неровный. Хрупкий. Обладает красной люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного.  $N_g = 1,624-1,692$ ;  $N_p = 1,615-1,675$ ;  $N_g - N_p = 0,02-0,046$ . Одноосный, отрицательный, иногда аномально двуосный. Погасание прямое. Сильный плеохроизм.

**Роговая обманка**  $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

Физические свойства. Сингония моноклиновая. Уд. в. 3,1—3,3. Встречается в призматических или шестоватых кристаллах с хорошо заметной спайностью. Блеск стеклянный. Тв. 5,5—6. Цвет зеленый, бурый, черный. Черта бесцветная. Излом неровный. Спайность совершенная по (110), ясная по (010).

Оптические свойства. Прозрачная до просвечивающейся.  $N_g = 1,653-1,683$ ;  $N_p = 1,629-1,661$ . Двупреломление высокое. Оптически двуосная, отрицательная. Отчетливый плеохроизм.

**Актинолит**  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2[\text{OH}]_2$ .

Физические свойства. Сингония моноклиновая. Уд. в. 3,1—3,3. Встречается в волокнистых и призматических кристаллах со спайностью. Блеск стеклянный. Тв. 5—6. Цвет от яркозеленого до серовато-зеленого, изредка желтоватый. Черта бесцветная. Спайность совершенная по (110), иногда по (100). Излом неправильный. В катодных лучах иногда люминесцирует желтым цветом.

Оптические свойства.  $N_g = 1,641-1,677$ ;  $N_p = 1,614-1,658$ . Двупреломление среднее.  $N_g - N_p = 0,019-0,027$ . Оптически двуосный. Отрицательный. Плеохроизм ясный, усиливается с повышением железа,  $N_g$  — зеленый,  $N_p$  — бледножелтый,  $N_m$  — желтовато-зеленый.

## МИНЕРАЛЫ СЛАБОЙ МАГНИТНОСТИ

Блеск полуметаллический и алмазный

Изотропные и анизотропные

### Ряд III

**Эшинит**  $(\text{Ce}, \text{Y}, \text{Er}, \text{Ca}, \text{Th} \dots)(\text{Ti}, \text{Nb} \dots)_2\text{O}_6$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 4,93—5,17. Встречается в несовершенных призматических кристаллах с шероховатой поверхностью граней. Блеск полуметаллический. Тв. 5—6. Цвет черный, бурый. Черта серая, бурая. Хрупкий. Излом неясно-раковистый. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный или просвечивающий.  $N = 2,20-2,26$ . Изотропный.

Пленочные реакции. См. колумбит, стр. 16.

**Поликраз-эвксенит**  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Ca}, \text{U} \dots)(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 4,7—5,4. Встречается в виде хорошо образованных таблитчатых кристаллов или в неправильных зернах, покрытых с поверхности желтым налетом гуммита. Блеск полуметаллический, жирный. Тв. 5,5—6,5. Цвет черный, бурый. Черта бурая. Хрупкий. Излом раковистый.

**Оптические свойства.** Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает.  $N = 2,06—2,24$ . Изотропный.

**Пленочные реакции.** См. колумбит, стр. 16.

#### **Уранинит $UO_2$**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 6,62—10,6. Кристаллы имеют вид куба с подчиненным развитием октаэдра и ромбического додекаэдра. Блеск сильный, смолистый. Тв. 5—6, у измененных разностей уменьшается до 3. Цвет черный, непрозрачный. Изотропный. Сильно радиоактивен.

**Микрохимическая реакция.** Минерал растворяют в течение 2—3 мин. в  $HNO_3$  (1 : 1) и прибавляют  $K_4Fe(CN)_6$ . Появляется бурое окрашивание. После обработки КОН обесцвечивается и желтеет. Аналогичную реакцию дают медные и молибденовые минералы, но от КОН первые — синеют, вторые — обесцвечиваются. Перл минерала с фосфорной солью люминесцирует травяно-зеленым цветом в катодных и ультрафиолетовых лучах.

#### **Сфен $CaTi(SiO_4)O$**

**Физические свойства.** Сингония моноклинная. Уд. в. 3,29—3,56. Встречается в виде неправильных зерен, часто сплюснутых призматических зерен конвертообразной формы. Обычно с трещиноватостью. Блеск стеклянный, алмазный. Тв. 5—5,5. Цвет бурый, желтый, зеленоватый, розоватый, изредка бесцветный. Излом неправильный. Спайность по (110) ясная, по (100) и (112) несовершенная. Черта бесцветная. Слабая голубоватая люминесценция в катодных лучах.

**Оптические свойства.** Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,979—2,054$ ;  $N_p = 1,887—1,918$ ;  $N_g - N_p = 0,082—0,135$ . Оптически двуосный, положительный. Темные разности плеохроируют.

**Микрохимическая реакция.** Сплав минерала с КОН растворяют в  $H_2SO_4$  (1 : 1), после прибавления  $H_2O_2$  появляется желтое окрашивание.

#### **Сфалерит $ZnS$ (марматит)**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 3,5—4,2. Кристаллизуется в форме тетраэдров, кубов и додекаэдров. Обычно встречается в виде обломков с хорошо выраженной спайностью. Блеск жирный, алмазный. Тв. 3,5—4. Цвет бурый, черный, желтый, красный, зеленый, бесцветный<sup>1</sup>. Черта бурая, бесцветная. Спайность по додекаэдру весьма совершенная.

<sup>1</sup> Прозрачная разность сфалерита (клеюфан) может быть встречена в тяжелой фракции.



Хрупкий. Излом раковистый. Люминесцирует красным цветом в катодных и золотисто-желтым — в ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N = 2,37-2,47$ . Изотропный.

Микрохимическая реакция. Минерал растворяют в HCl конц., прибавляют  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , а затем  $\text{HgCl}_2 + \text{KCNS}$ . Появляется фиолетовое окрашивание.

**Ампангабит**  $(\text{Y, Er, U, Fe, Ca, Th})_2(\text{Nb, Ta, Ti})_7\text{O}_{18} (?)$

Физические свойства. Сингония ромбическая (?). Уд. в. для светлобурых разностей 3,35—3,75; для темнобурых 3,92—4,39 и для буро-черных 4,45—4,97. Блеск смолистый до жирного. Цвет от светлобурого до буро-черного, часто зеленовато-бурый, красно-бурый. Черта у темных разностей светлая, буроватая. Спайность не наблюдается. Излом раковистый. Кристаллизуется в прямоугольных призмах с закругленными гранями. Иногда образует радиальнолучистые агрегаты. Радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Для темных разностей  $N = 2,13$ , для светлых разностей  $N = 1,89$ . Изотропный.

Пленочные реакции. См. Колумбит, стр. 16.

**Браннерит**  $(\text{U, Ca, Fe})\text{Ti}_2\text{O}_6 (?)$

Физические свойства. Сингония тетрагональная или ромбическая. Уд. в. 4,50—5,43. Встречается в виде окатанных, призматических зерен. Блеск полуметаллический. Тв. 4,5. Цвет черный. Черта зеленовато-бурая. Излом раковистый. Сильно радиоактивный.

Оптические свойства. Непрозрачный. В тонких осколках темнобурый.  $N = 2,30$ . Изотропный.

Химические свойства. Растворяется в кислотах.

Микрохимические реакции на уран (1) и титан (2).

1. Минерал растворяют в течение 1 мин. в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), после прибавления  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляется бурое окрашивание.

2. Минерал растворяют в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  после прибавления  $\text{H}_2\text{O}_2$  появляется желтое окрашивание.

## Блеск стеклянный

### Изотропные и анизотропные

#### Ряд IV

**Шпинель**  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Mg часто замещается  $\text{Fe}^{2+}$ , Mn; Al — замещается  $\text{Fe}^{3+}$  и Cr

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 3,5—4,1. Чаще всего встречается в виде окатанных октаэдров. Иногда образует двойники по (111). Блеск стеклянный. Тв. 8. Цвет красный, бурый, голубой, зеленый, реже синий, черный и белый. Черта бесцветная. Спайность несовершенная по (111). Излом раковистый.

**Оптические свойства.** Темноокрашенные разности почти не прозрачны.  $N = 1,715-2,00$ . Изотропен.

#### **Монацит (Ce,La...)PO<sub>4</sub>**

**Физические свойства.** Сингония моноклиная. Уд. в. 4,9—5,5. Встречается в виде хорошо окатанных, округлых или яйцевидных зерен, реже плоских кристаллов. Блеск стеклянный, смолистый. Тв. 5—5,5. Цвет бурый, желтый, красно-бурый, реже зеленоватый, белый. Черта бесцветная. Хрупкий. Спайность по (001) совершенная, по (100) ясная и по (010) неясная. Излом раковистый до неровного. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,837-1,849$ ;  $N_p = 1,787-1,800$ .  $N_g - N_p = 0,045-0,055$ . Оптически двуосный, положительный. В толстых зернах наблюдается плеохроизм в желтых тонах.

**Микрохимические реакции.** Сплав минералов с КОН растворяют в HNO<sub>3</sub>. После прибавления порошка (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> появляется желтое окрашивание.

#### **Гадолинит Y<sub>2</sub>FeBe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>10</sub>**

**Физические свойства.** Сингония моноклиная. Уд. в. 4—4,65. Встречается в виде узких и длинных, слегка окатанных кристаллов. Блеск стеклянный. Тв. 6,5—7. Цвет зеленовато-черный, бурый. Черта зеленовато-серая. Хрупкий. Излом раковистый, занозистый.

**Оптические свойства.** Просвечивающий до непрозрачного.  $N = 1,77-1,82$ . Двупреломление низкое. Некоторые разности изотропны. Оптически двуосный, положительный.

**Химические свойства.** Растворяется в HCl с выделением SiO<sub>2</sub>.

#### **Ксенотим YPO<sub>4</sub>**

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,45—4,59. Встречается в виде короткопризматических зерен, сходных с цирконом, слегка окатанных. Блеск смолистый, стеклянный. Тв. 4—5. Цвет желтый, бурый, розовый, белый. Черта светлобурая или желтая. Спайность по (110) совершенная. Излом неровный, занозистый.

**Оптические свойства.** Просвечивающий до непрозрачного.  $N_g = 1,816$ ;  $N_p = 1,721$ ;  $N_g - N_p = 0,095$ . Оптически одноосный, положительный. Плеохроизм слабый от бледножелтого до темнубурого или зеленого.

**Микрохимические реакции.** Сплав минерала с КОН растворяют в HNO<sub>3</sub> конц. После прибавления порошка (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> появляется желтое окрашивание.

#### **Эпидот Ca<sub>2</sub>(Al,Fe)<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>(OH)**

**Физические свойства.** Сингония моноклиная. Уд. в. 3,35—3,38. Встречается в виде призматических угловатых и округлых зерен. Образует двойники по (100), часто полисинтетические. Блеск стеклянный. Тв. 6—7. Цвет зеленый, различных оттенков,



бурый, черный. Черта бесцветная. Спайность по (001) совершенная, по (100) несовершенная. Хрупкий. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,771—1,780$ ;  $N_p = 1,729—1,734$ ;  $N_g—N_p = 0,033—0,051$ . Оптически двуосный, отрицательный. Плеохроизм слабый.

#### Ортит $(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_2Si_3O_{12}(O,OH)$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,0—4,20. Встречается в виде таблитчатых или призматических кристаллов. Блеск стеклянный, смолистый. Тв. 5,5—6. Цвет бурый до черного. Черты не дает. Спайность по (100) и (001) слабая. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,66—1,78$ ;  $N_p = 1,64—1,77$ . Двупреломление различное. Оптически двуосный, отрицательный. Иногда изотропен. Обладает сильным плеохроизмом.  $N_g$  — зеленовато-бурый;  $N_m$  — красно-бурый;  $N_p$  — буро-желтый. Сильная дисперсия  $r > v$ .

#### Ставролит $FeAl_4(SiO_4)_2O_2(OH)_2$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,65—3,77. Встречается в виде призматических зерен, иногда окатанных. Часто наблюдаются крестообразные двойники. Блеск стеклянный. Тв. 7—7,5. Цвет бурый, желтый, красновато-бурый. Черта белая, серая. Хрупкий. Спайность по (010) ясная, по (110) едва заметная. Излом занозистый.

Оптические свойства. Прозрачный до полупрозрачного.  $N_g = 1,746—1,762$ ;  $N_p = 1,736—1,747$ ;  $N_g—N_p = 0,010—0,015$ . Двуосный, положительный, прямое погасание. Явный плеохроизм.

#### Везувиан $Ca_3Al_2(SiO_4)_2(OH)_4$

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 3,34—3,44. Встречается в виде призматических, пирамидальных зерен и неправильных окатанных зерен. Блеск стеклянный. Тв. 6,5. Цвет бурый, зеленый, красный, голубой, реже желтый. Черта бесцветная. Спайность неясная по (110) и (100). Излом раковистый.

Оптические свойства. Полупрозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,705—1,732$ ;  $N_p = 1,701—1,726$ ;  $N_g—N_p = 0,001—0,006$ . Одноосный, отрицательный, положительный. Изредка аномально двуосный. Плеохроизм минерала изменяется: в зеленых разностях от желто-зеленого до бесцветного; в коричневых — от желто-бурого до буровато-серого; в синих — от темносинего до бесцветного; в красных — от красного до бесцветного.

#### Диопсид $CaMg(Si_2O_6)$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,27—3,38. Встречается в виде призматических зерен, реже таблитчатых. Двойники по (100) и по (001). Блеск стеклянный, иногда жирный. Тв. 5—6. Цвет белый, бледнозеленый, темнозеленый, почти черный, серый, желтоватый. Черта бесцветная. Из-

лом неровный. Спайность по (110), иногда по (100). Обладает красной или желтой люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства.  $Ng=1,694-1,707$ ;  $Np=1,664-1,681$ ,  $Ng-Np=0,023-0,031$ . Оптически двуосный, положительный.

#### Аксинит $Ca_2(Mn,Fe)Al_2BSi_4O_{15}(OH)$

Физические свойства. Сингония триклинная. Уд. в. 3,25—3,30. Встречается в виде неправильных или округлых зерен. Блеск стеклянный. Тв. 6,5—7. Цвет розовый, бурый, синий, серый, желтый; изредка бесцветный. Черта бесцветная. Хрупкий. Спайность ясная по (010). Излом раковистый.

Оптические свойства.  $Ng=1,680-1,696$ ;  $Np=1,668-1,685$ ;  $Ng-Np=0,009-0,011$ . Двуосный, отрицательный. Плеохроизм наблюдается только в толстых зернах.

#### Оливин $(Mg,Fe)_2SiO_4$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,0—3,5. Встречается в виде неправильных или призматических окатанных зерен. Часто зерна полуразрушены и покрыты трещинами. Блеск стеклянный. Тв. 6,5—7. Цвет зеленый, различных оттенков, желто-бурый. Черта бесцветная. Хрупкий. Спайность ясная по (010) и слабая по (100).

Оптические свойства. От прозрачного до просвечивающего.  $Ng=1,67-1,69$ ;  $Np=1,63-1,65$ ;  $Ng-Np=0,035$ . Для железистых разностей  $Ng=1,69-1,77$ ;  $Np=1,65-1,72$ ;  $Ng-Np=0,035-0,040$ . Двуосный, положительный или отрицательный, в зависимости от содержания Fe.

#### Антофиллит $(Mg,Fe)_7[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 2,8—3,2. Встречается в виде удлинённых, призматических, волокнистых или шестоватых зерен. Блеск стеклянный. Тв. 5,5—6. Цвет бурый различных оттенков, зеленый. Черта бесцветная. Спайность по призме совершенная, по (010) менее совершенная. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный.  $Ng=1,597$ ;  $Np=1,584$ ; для разностей с большим содержанием Fe,  $Ng$  может достигать 1,729;  $Ng-Np=0,013-0,024$ . Оптически двуосный, положительный. Иногда плеохроичный.

## В. НЕЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ

ТЯЖЕЛАЯ ФРАКЦИЯ С УД. В.  $>2,9$

### Непрозрачные минералы

#### Ряд I

#### Сперрилит $PtAs_2$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 10,5—10,7. Встречается в хорошо сохранившихся мелких кристал-



лах. Блеск сильный, металлический. Тв. 6—7. Спайность по кубу. Цвет оловянно-белый. Черта темносерая.

**Химические свойства.** В кислотах и царской водке не растворяются.

**Микрохимические реакции на Pt.** Минерал сплавляется с KOH. Сплав растворяется в  $\text{HNO}_3$ . После прибавления  $\text{SnCl}_2$  появляется желтое окрашивание.

#### **Осмистый иридий OsIr**

**Физические свойства.** Сингония тригональная. Уд. в. 19,3—21,12. Встречается в виде неправильных пластинчатых зерен. Блеск металлический. Тв. 6—7. Цвет оловянно-белый до стально-серого. Черта серая. Спайность совершенная по (0001). Излом неровный.

**Химические свойства.** В кислотах и царской водке не растворяется.

#### **Арсенопирит FeAsS**

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 5,9—6,2. Встречается вблизи месторождений в виде пластинчатых зерен или скошенных ромбоэдров с поперечной штриховкой на гранях. Часто образует крестообразные двойники. Блеск металлический. Тв. 5,5—6. Цвет серебристо-белый до стально-серого. Черта серовато-черная. Хрупкий. Спайность по (110) ясная. Излом неровный.

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют 1 мин. в  $\text{HNO}_3$  конц. После прибавления порошка  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  появляется желтое окрашивание.

#### **Кобальтин CoAsS**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 6,1—6,3. Встречается в виде неправильных зерен. Блеск металлический. Тв. 5,5. Цвет серебряно-белый, светлосерый. Черта серая. Спайность по кубу совершенная. Излом неровный. Хрупкий.

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют 2 мин. в  $\text{HNO}_3$  конц. После прибавления  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HgCl}_2 + \text{KCNS}$  появляется голубое окрашивание.

#### **Пирит FeS<sub>2</sub>**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 4,95—5,20. Встречается в кубах и пентагональных додекаэдрах. Грани обеих форм обычно иштрихованы. Блеск металлический. Тв. 6—6,5. Цвет латунно-желтый. Спайность весьма несовершенная по (100) и по (111). Излом раковистый до неровного. Хрупкий.

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют 1 мин. в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1). После прибавления  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляется синее окрашивание.

#### **Палладий Pd**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Встречается очень редко в виде пластинчатых или неправильных зе-

рен. Уд. в. 10,84—11,97. Блеск металлический. Тв. 4,5—5. Цвет серебрюно-белый до стально-серого.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют 2 мин. в царской водке. После прибавления  $\text{SnCl}_2$  появляется оранжевое окрашивание.

#### Платина Pt

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 14—19. Встречается в виде окатанных сплюсненных или округлых зерен. Блеск металлический. Тв. 4—4,5. Цвет белый, алюминево-серый. Черта серая. Ковкая. Излом крючковатый.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют 2—3 мин. в царской водке. После прибавления  $\text{SnCl}_2$  появляется желтое окрашивание.

#### Висмут Bi

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 9,8. Встречается в виде древовидных, листоватых и неправильных зерен, а также включений в висмутине. Блеск металлический. Тв. 2,5. Цвет и черта серебрюно-белые с красноватым оттенком. Ковкий.

Микрохимические реакции. Минералы растворяют в течение 2 мин. в  $\text{HCl}$  (1:20). После прибавления хинина с иодистым калием появляется оранжевое окрашивание.

#### Гессит $\text{Ag}_2\text{Te}$

Физические свойства. Сингония кубическая (моноклинная). Уд. в. 8,24—8,45. Встречается в виде хорошо окатанных зерен мелкошестоватого или чешуйчатого сложения, содержащих обычно включения и прожилки золота. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет свинцово-серый. Ковкий. Слегка режется ножом. На бумаге оставляет черную черту. Спайность неясная.

Микрохимические реакции. Минерал при кипячении в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  окрашивает раствор в красный цвет.

#### Петцит $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 8,7—9,2. Встречается в виде бесформенных, окатанных зерен. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Ковкий. Слегка режется ножом.

Микрохимические реакции. См. гессит, стр. 27.

### Ряд II

#### Серебро Ag

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 10,1—11,1. Встречается обычно в виде неправильных или древовидных образований, а также в пластинках и сплюсненных чешуйках. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет и черта серебрюно-белые, серые. Ковкое и тягучее. Излом крючковатый.

Микрохимические реакции. Минерал растворяется в течение 1 мин. в  $\text{HNO}_3$ . После прибавления  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  появляется оранжевое окрашивание.



### Медь Cu

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 8,5—8,9. Встречается в виде окатанных неправильных пластинок или древовидных образований. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет медно-красный. Легко ковкая и тягучая. Излом крючковатый.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют 1 мин. в  $\text{HNO}_3$  (1 : 20). После прибавления рубеоновой кислоты, а затем  $\text{NH}_4\text{OH}$  появляется серо-зеленая окраска.

### Золото Au

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 19,3—19,6. Встречается в виде неправильных древовидных, пластинчатых и комковидных зерен. Иногда с поверхности покрывается бурой железистой пленкой. Если при промывке шлихов применялась амальгамация, то золото покрывается с поверхности блестящим светлосерым налетом амальгамы, которая разрушается от азотной кислоты. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет и черта золотисто-желтые. Очень ковкое и тягучее. Излом крючковатый.

Химические свойства. Растворяется только в царской водке.

### Свинец Pb

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 11,3—11,4. Встречается в россыпях вместе с золотом и платиной в виде тонких пластинок или мелких округлых зерен. Блеск в свежем изломе металлический, с поверхности тусклый. Цвет и черта свинцово-серые. Тв. 1,5, легко режется ножом. Очень ковкий.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют 1 мин. в  $\text{HNO}_3$  (1 : 20). После прибавления KJ появляется желтое окрашивание.

### Халькопирит $\text{CuFeS}_2$

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,3—4,4. Встречается в виде неправильных, угловатых зерен. Блеск металлический. Тв. 3,5—4. Цвет латунно-желтый с пестрой побелалостью. Черта зеленовато-черная. Хрупкий. Излом неровный, раковистый. Спайность по (201) неясная.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют 1—2 мин. в царской водке. После прибавления рубеоновой кислоты и аммиака появляется серо-зеленое окрашивание.

### Антимонит $\text{Sb}_2\text{S}_3$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 4,6—4,5. Встречается в спутанно-волоконистых агрегатах или в радиально-лучистых скоплениях игольчатых кристаллов, реже пластинчатый и зернистый. Блеск металлический. Цвет свинцово-серый. Черта свинцово-серая. Тв. 2. Спайность по (010) весьма совершенная. Излом неровный.

Пленочная реакция. Минерал от действия 20% КОН покрывается оранжевой пленкой.

### **Висмутин $\text{Bi}_2\text{S}_3$**

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 6,4—6,6. Встречается в виде серых шестоватых или волокнистых зерен, покрытых с поверхности пленкой зеленовато-серого бисмута. Блеск металлический. Тв. 2. Цвет свинцово-серый, оловянно-белый с желтоватой или радужной побежалостью. Черта свинцово-серая. Спайность по (010) совершенная.

**Микрохимические реакции.** Минерал после обработки  $\text{HNO}_3$  (1:1) просушивается фильтровальной бумагой. После прибавления хинина и иодистого калия минерал покрывается оранжевой пленкой.

### **Галенит $\text{PbS}$**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 7,4—7,6. Встречается в виде кубов и прямоугольных пластинок. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет и черта свинцово-серые. Спайность по кубу весьма совершенная. Излом плоский, несовершенно раковистый. Хрупкий.

**Микрохимические реакции.** Минерал после обработки  $\text{HNO}_3$  (1:1) просушивается фильтровальной бумагой. После прибавления  $\text{KJ}$  покрывается желтой пленкой.

### **Халькозин $\text{Cu}_2\text{S}$**

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 5,5—5,8. Встречается в виде неправильных зерен вблизи коренных выходов медных руд. Блеск металлический. Тв. 2,5—3. Цвет и черта свинцово-серые с пестрой побежалостью. Спайность по (001) неясная. Излом раковистый.

**Микрохимические реакции.** Минерал обрабатывается  $\text{NH}_4\text{OH}$  2 мин. После прибавления рубеоновой кислоты появляется серо-зеленое окрашивание.

### **Молибденит $\text{MoS}_2$**

**Физические свойства.** Сингония гексагональная. Уд. в. 4,7—4,8. Встречается в виде мелких чешуек. Блеск металлический. Тв. 1—1,5. Цвет свинцово-серый. Черта голубовато-серая на бумаге, зеленовато-серая на фарфоре. Спайность по базису весьма совершенная.

**Микрохимические реакции.** Сплав с содой растворяют в  $\text{HCl}$  (1:1). После прибавления ксантагената калия появляется красное-малиновое окрашивание.

## **Полупрозрачные минералы**

### **Ряд III**

### **Уранинит $\text{UO}_2$**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 6,62—10,6. Кристаллы имеют вид куба с подчиненным развитием октаэдра и ромбического додекаэдра. Блеск сильный, смолистый. Тв. 5—6, у измененных разностей уменьшается до 3. Цвет черный непрозрачный. Изотропный. Сильно радиоактивный.



**Микрохимическая реакция.** Минерал растворяют 2—3 мин. в  $\text{HNO}_3$  конц. После прибавления  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляется бурое окрашивание. После обработки  $\text{KOH}$  обесцвечивается и желтеет. Аналогичную реакцию дают медные и молибденовые минералы, но от  $\text{KOH}$  первые синеют, вторые обесцвечиваются. Перл минерала с фосфорной солью люминесцирует травяно-зеленым цветом в катодных и ультрафиолетовых лучах.

#### **Торнит $(\text{Th,U})\text{O}_2$**

**Физические свойства.** Сингония кубическая. Уд. в. 8,97—9,33. Встречается в кубических формах. Блеск с поверхности тусклый, в свежем изломе сильный, металлический. Тв. 6,5—7. Цвет черный, свинцово-серый. Черта черная. Спайность несовершенная. Излом неровный. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный, просвечивает в тонких краях. Изотропный.  $N = 2,20$ .

**Микрохимическая реакция.** См. уранинит, стр. 29.

#### **Браунит $\text{Mn}_2\text{O}_3$**

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,75—5,0. Встречается в виде неправильных зерен. Блеск полуметаллический. Тв. 6—6,5. Цвет и черта буровато-черные, стальнo-серые. Спайность по  $(111)$  совершенная. Излом неровный. Хрупкий.

**Микрохимическая реакция.** Минерал растворяют 3 мин. в царской водке. После прибавления  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляется оранжево-бурая окраска. При прибавлении  $\text{SnCl}_2$  окраска становится бурой.

#### **Ампагабит $(\text{Y,Eg,U,Fe,Ca,Th})_2(\text{Nb,Ta,Ti})_7\text{O}_{18}$ ?**

**Физические свойства.** Сингония ромбическая(?). Уд. в. для светлoбурых разностей 3,35—3,75; для темнoбурых 3,92—4,39 и для бурo-черных 4,45—4,97. Блеск смолистый до жирного. Цвет от светлoбурого до бурo-черного, часто зеленовато-бурый, красно-бурый. Черта у темных разностей светлая и буроватая. Спайность не наблюдается. Излом раковистый. Кристаллизуется в прямоугoльных призмах с закругленными гранями. Иногда образует радиальнолучистые агрегаты. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный, но в тонких осколках просвечивает. Для темных разностей  $N = 2,13$ , для светлых разностей  $N = 1,89$ . Изотропный.

**Пленочные реакции.** См. колумбит, стр. 16.

#### **Бисмутит $\text{Bi}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_4$**

**Физические свойства.** Аморфный. Землистый. Уд. в. 7,0—7,4. Встречается в виде волокнистых и натечных образований. Блеск матовый. Тв. 4. Цвет серый, грязнозеленый, желтый. Черта белая. Часто содержит включения висмутина и самородного висмута, за счет которых он образовался.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В мелких осколках иногда просвечивает.  $N = 2,15—2,28$ .

**Микрохимические реакции.** Минерал растворяют 1—2 мин. в HCl (1 : 1). После прибавления хинина и иодистого калия появляется оранжевое окрашивание.

#### **Гюбнерит $MnWO_4$**

**Физические свойства.** Сингония моноклинная. Уд. в. 6,7—7,5. Встречается в виде таблитчатых или призматических зерен. Двойники по (100) и (023). Блеск металлический. Тв. 4,5—5,5. Цвет буровато-красный, черта буровато-красная. Хрупкий. Спайность весьма совершенная по (010), менее совершенная по (100) и (102). Излом неровный.

**Оптические свойства.** Непрозрачный. В тонких осколках просвечивает красным.  $N = 2,17—2,46$ ;  $N_g - N_p = 0,15—0,16$ . Оптически двуосный, положительный.

**Микрохимические реакции.** При сплавлении минерала со смесью  $Na_2CO_3$  и  $KNO_3$  образуется голубовато-зеленый сплав.

**Пленочные реакции.** См. вольфрамит, стр. 16.

#### **Киноварь $HgS$**

**Физические свойства.** Сингония тригональная. Уд. в. 8,0—8,2. Встречается в виде мелких окатанных зерен. Блеск алмазный, жирный. Тв. 2—2,5. Цвет красный. Черта алая. Спайность по (10 $\bar{1}$ 0) совершенная. Излом неровный.

**Оптические свойства.** Прозрачная до непрозрачной.  $N_g = 3,27$ ;  $N_p = 2,91$ ;  $N_g - N_p = 0,359$ . Оптически одноосная, положительная.

**Микрохимическая реакция.** Раскаленным перлом соды прикасаются к минералу, выделяются мелкие капли ртути. См. под бинокулярном.

**Лейкоксен  $TiO_2 \cdot nH_2O$ .** Продукт разложения ильменита.

**Физические свойства.** Скрытокристаллический. Уд. в. 3,5—4,5. Встречается в виде неправильных фарфоровидных зерен или псевдоморфоз по ильмениту. Блеск тусклый. Цвет белый, желтый, бурый, зеленоватый.

**Оптические свойства.** Просвечивающий до непрозрачного. Высокий показатель преломления и высокое двупреломление, заметные в просвечивающих осколках.

**Микрохимические реакции.** Сплав с содой растворить в  $H_2SO_4$  (1 : 1). После прибавления  $H_2O_2$  появляется желтое окрашивание.

### **Прозрачные минералы**

**Блеск алмазный и смолистый**

**Изотропные**

**Ряд IV**

#### **Торит $ThSiO_4$**

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,8—5,4. Встречается в виде неправильных зерен. Кристалло-



графические формы сходны с цирконом. Блеск стеклянный. Тв. 4,5—5. Цвет черный, бурый, желтый, оранжевый. Сильно радиоактивный.

Оптические свойства. Изотропный.  $N = 1,68—1,8$ .

Микрохимические реакции. Минерал растворяется в HCl с выделением кремнезема.

**Ромеит**  $(Ca, Na, Mn)_2Sb_2O_6(F, OH, O)$

Физические свойства. Сингония псевдокубическая. Уд. в. 4,7—5,1. Встречается в виде желтых или красных кристаллов октаэдрического или кубического облика. Блеск стеклянный. Тв. 5—6.

Оптические свойства. Изотропный, но иногда двуосный, отрицательный.  $N = 1,83—1,87$ .

Микрохимические реакции. Минерал сплавляют с содой, растворяют в HCl (1 : 1). После прибавления иодистого калия и хлористого цезия появляется красное окрашивание.

**Джалмаит**  $(U, Ca, Pb, Bi, Fe)(Ta, Nb, Ti, Zr)_3O_9 \cdot nH_2O$

Физические свойства. Сингония кубическая. Кристаллы октаэдрического облика. Уд. в. 5,75—5,88. Цвет желто-бурый, зеленовато-бурый или буровато-черный. Блеск жирный. Тв. 5,5.

Оптические свойства. Изотропный.  $N = 1,97$ .

**Пироклор**  $(Na, Ca, Fe, Ce, U, Th)_2(Nb, Ti)_2O_6(OH, F)$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 4,03—4,36. Встречается в виде мелких октаэдров или неправильных зерен.

Блеск жирный до стеклянного. Тв. 5—6. Цвет бурый, красный, желтый, в свежем изломе почти черный. Черта бурая. Хрупкий. Спайность по (111) неясная. Излом раковистый.

Оптические свойства. Непрозрачный, просвечивает в тонких осколках. Изотропный, иногда обладает аномальным двупреломлением.  $N = 1,96—2,02$ .

Пленочные реакции. См. колумбит, стр. 16.

**Перовскит**  $CaTiO_3$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 3,97—4,04. Встречается в окатанных кристаллах кубической формы. Грани куба покрыты штриховкой. Блеск алмазный до металловидного. Тв. 5,5. Спайность по кубу весьма совершенная.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного.  $N$  около 2,38. Изотропный, но иногда аномально двуосный положительный.

Микрохимические реакции. Сплав минерала с содой растворяют в  $H_2SO_4$  (1 : 1). После прибавления  $H_2O_2$  появляется желтое окрашивание.

**Алмаз** C

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 3,2—3,52. Встречается в кристаллах с закругленными ребрами и выпуклыми гранями или в остроугольных зернах. Обычны

двойники по (111). Блеск алмазный. Тв. 10. Обычно бесцветный, реже бледно окрашен в желтый, оранжевый, красный, зеленый, синий цвета. Иногда бурый, черный. Черты не дает. Спайность совершенная по (111). Грани часто иштрихованы. На (111) наблюдаются треугольные углубления. Хрупкий. Излом раковистый.

Оптические свойства. Светлые разности прозрачны, темноокрашенные разности менее прозрачны.  $N = 2,41—2,48$ . Обычно изотропный, но иногда одноосный. В ультрафиолетовых и рентгеновских лучах сильно люминесцирует голубым светом. Темноокрашенные разности обладают оранжевой или красной люминесценцией.

Сфалерит (см. стр. 21).

## Анизотропные

### Ряд V

#### Корунд $Al_2O_3$

Физический состав. Сингония тригональная. Уд. в. 3,95—4,10. Встречается в характерных бочковидных, призматических и неправильных зернах, слегка окатанных. Двойники по (101 $\bar{1}$ ). Блеск алмазный. Тв. 9. Цвет белый, серый, желтый, синий (сапфир), красный (рубин), часто окраска пятнистая. Черта бесцветная. Спайность не наблюдается. Излом неровный, раковистый. Хрупкий. Обладает голубой или красной, люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства.  $N_g = 1,765—1,771$ ;  $N_p = 1,759—1,763$ ;  $N_g - N_p = 0,008$ . Оптически одноосный, отрицательный. Аномально двуосный. Яркоокрашенные разности плеохроичны.

#### Ортит $(Ca,Ce)_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}[O,OH]$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,0—4,20. Встречается в виде таблитчатых или призматических кристаллов. Блеск стеклянный, смолистый. Тв. 5,5—6. Цвет бурый до черного. Черты не дает. Спайность по (100) и (001) слабая. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,66—1,78$ ;  $N_p = 1,64—1,77$ . Оптически двуосный, отрицательный. Иногда изотропен. Обладает сильным плеохроизмом.  $N_g$  = зеленовато-бурый;  $N_m$  — красно-бурый;  $N_p$  = бурожелтый. Сильная дисперсия  $r > v$ .

#### Ксенотим $YPO_4$

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,45—4,59. Встречается в виде короткопризматических зерен, сходных с цирконом, слегка окатанных. Блеск смолистый, стеклянный. Тв. 4—5. Цвет желтый, бурый, розовый, белый. Черта светлорубая или желтая. Спайность по (110) совершенная. Излом неровный, занозистый.

Оптические свойства. Просвечивающий до непрозрачного.  $N_g = 1,816$ ;  $N_p = 1,721$ ;  $N_g - N_p = 0,095$ . Оптически



одноосный, положительный. Плеохроизм слабый от бледно-желтого до темнобурого или зеленого.

Микрохимические реакции. Сплав минерала с КОН растворяют в  $\text{HNO}_3$  конц. После прибавления порошка  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  появляется желтое окрашивание.

**Бастнезит**  $(\text{Ce, La, Pr} \dots) (\text{CO}_3)\text{F}$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 4,47—5,18. Образует призматические или таблитчатые кристаллы. Встречается в виде хорошо окатанных зерен. Блеск стеклянный. Тв. 4—4,5. Цвет восково-желтый, красноватый, бурый. Спайность по (0001).

Оптические свойства.  $N_g=1,818-1,824$ ;  $N_p=1,717-1,722$ ;  $N_g-N_p=0,101-0,102$ . Одноосный, положительный. Слабо плеохроирует.

Легко с шипением растворяется в  $\text{HCl}$ .

**Азурит**  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Физические свойства. Сингония моноклиная. Уд. в. 3,7—3,9. Встречается в виде мелких неправильных зерен. Блеск стеклянный, иногда алмазный. Тв. 3,5—4. Цвет синий, темносиний. Черта синяя. Спайность по (021) совершенная. Излом раковистый. Хрупкий. В катодных лучах люминесцирует синим светом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g=1,838$ ;  $N_p=1,730$ ;  $N_g-N_p=0,108$ ;  $2V=68^\circ$ . Двухосный, положительный.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в  $\text{HCl}$  (1 : 20). После прибавления  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  появляются розовато-бурое окрашивание.

**Малахит**  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Физические свойства. Сингония моноклиная. Уд. в. 3,9—4,1. Встречается в виде неправильных зерен натечного, радиально-лучистого или концентрически-скорлуповатого строения.

Блеск алмазный до стеклянного. Тв. 3,5—4. Цвет яркозеленый. Черта бледнозеленая. Спайность по (001). Излом неяснораковистый. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g=1,909$ ;  $N_p=1,655$ ;  $N_g-N_p=0,254$ ;  $2V=43^\circ$ . Двухосный, отрицательный. Плеохроирует.  $N_g$  — темнозеленый;  $N_p$  — почти бесцветный;  $N_m$  — желтовато-зеленый.

Микрохимические реакции. См. азурит.

**Монацит**  $(\text{Ce, La} \dots)\text{PO}_4$

Физические свойства. Сингония моноклиная. Уд. в. 4,9—5,5. Встречается в виде хорошо окатанных округлых или яйцевидных зерен, реже в виде плоских кристаллов. Блеск стеклянный, смолистый. Тв. 5—5,5. Цвет бурый, желтый, краснобурый, реже зеленоватый, белый. Черта бесцветная. Хрупкий. Спайность по (001) совершенная, по (100) ясная и по (010) неясная. Излом раковистый до неровного. Радиоактивный.

**Оптические свойства.** Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,837-1,849$ ;  $N_p = 1,787-1,800$ ;  $N_g - N_p = 0,045-0,055$ . Оптически двуосный, положительный. В толстых зернах наблюдается плеохроизм в желтых тонах.

**Микрохимическая реакция.** Минерал сплавляют с  $\text{KOH}$ , растворяют в  $\text{HNO}_3$  конц. После добавления порошка  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  появляется желтое окрашивание.

#### **Шеелит $\text{CaWO}_4$**

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 5,8—6,2. Встречается в неправильных окатанных зернах молочно-белого цвета. Изредка сохраняются дипирамидальные или таблитчатые кристаллы. Двойники по (100). Блеск стеклянный до алмазного. Тв. 4,5—5. Цвет белый, желтоватый, зеленоватый. Черта бесцветная. Спайность по (111) ясная, по (101) слабая. Излом неровный. Хрупкий. В ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучах люминесцирует ярким голубым цветом.

**Оптические свойства.** Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,937$ ;  $N_p = 1,920$ ;  $N_g - N_p = 0,016$ . Одноосный, положительный.

**Микрохимические реакции.** После кипячения минерала со  $\text{SnCl}_2$  на минерале появляется синяя пленка.

#### **Циркон $\text{ZrSiO}_4$**

**Физические свойства.** Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,68—4,70. Встречается в виде хорошо сохранившихся кристаллов призматического облика, иногда наблюдаются окатанные зерна. Блеск алмазный. Тв. 7,5. Цвет бесцветный бледножелтый, розовый, бурый, зеленый, красный, темнобурый до черного. Черта бесцветная. Спайность по (110) и (111) несовершенная. Излом раковистый, неровный. Обладает желтой, оранжевой или зеленой люминесценцией в катодных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучах.

**Оптические свойства.**  $N_g = 1,968-2,015$ ;  $N_p = 1,923-1,960$ ;  $N_g - N_p = 0,045-0,055$ . Одноосный, положительный, иногда аномально двуосный. В некоторых густоокрашенных разностях наблюдается слабый плеохроизм.

### **Ряд VI**

#### **Сфен $\text{CaTiSiO}_5$**

Двойники по (100).

Описание см. в электромагнитной фракции, стр. 21.

#### **Церуссит $\text{PbCO}_3$**

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 6,4—6,6. Встречается в виде окатанных зерен, иногда таблитчатой, призматической или пирамидальной формы, иногда в виде двойников и тройников прорастания. Спайность по (110) и (021) — ясная. Блеск алмазный. Тв. 3—3,5. Цвет бурый, белый, серый, желтый, иногда бесцветный. Излом раковистый. Обладает



голубой люминесценцией в катодных и рентгеновских лучах и желтой — в ультрафиолетовых.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 2,076$ ;  $N_p = 1,803$ ;  $N_g - N_p = 0,273$ ;  $2V = 8^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Дисперсия заметная  $r > v$ .

Химические свойства. Легко с шипением растворяется в  $HNO_3$ .

Пленочная реакция. Минерал обрабатывают  $H_2SO_4$  (1 : 10) +  $KI$  5%. После промывки водой образуется желтая пленка.

#### **Касситерит $SnO_2$**

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 6,8—7,1. Встречается в виде неправильных окатанных зерен, а также призматических кристаллов, оканчивающихся тетрагональной пирамидой. Иногда коленчатые двойники по (101). Зерна часто покрыты трещинками и мелкими углублениями. Блеск алмазный, жирный. Тв. 6—7. Цвет бурый, черный, иногда красный, зеленоватый, желтый, серый, бесцветный. Черта бурая, бесцветная. Спайность по (100) несовершенная, по (111) неясная, по (110) едва заметная. Излом неровный.

Оптические свойства.  $N_g = 2,093$ ;  $N_p = 1,997$ ;  $N_g - N_p = 0,096$ . Одноосный, положительный, иногда аномально двуосный. Прямое погасание. Окрашенные разности иногда плеохроируют.

Пленочная реакция. Минерал после нагревания на цинковой пластинке с  $HCl$  конц. покрывается серебристой пленкой, которая не растворяется в  $HCl$  в отличие от церуссита и других минералов, покрывающихся аналогичной пленкой.

#### **Бадделит $ZrO_2$**

Физические свойства. Сингония моноклиновая. Уд. в. 5,0—6,02. Встречается в плотных массах и желваках с волокнистым строением. Блеск смолистый стеклянный. Тв. 6,7. Цвет желтый, бурый, черный реже бесцветный. Черта белая или буроватая. Спайность по (001) совершенная, по (010) несовершенная. Излом раковистый до неровного.

Оптические свойства.  $N_g = 2,20$ ;  $N_p = 2,13$ ;  $N_g - N_p = 0,07$ ;  $2V = 30^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Дисперсия сильная  $r > v$ . Плеохроирует в зеленовато-желтых и бурых тонах.

#### **Штольцит $PbWO_4$**

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Кристаллы пирамидальной формы. Тв. 3. Уд. в. 7,87—8,13. Цвет зеленый, серый или бурый. Блеск алмазный, жирный.

Оптические свойства.  $N_g = 2,27$ ;  $N_p = 2,19$ .

Микрохимические реакции на  $Pb$  и  $W$ .

#### **Вульфенит $PbMoO_4$**

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 6,3—7,0. Встречается в виде неправильных зерен или таблитчатых и пирамидальных кристаллов. Блеск алмазный, смолистый. Тв. 2,5—3. Цвет желтый различных оттенков, реже зеленоватый,

сероватый, бурый. Черта белая. Хрупкий. Спайность по (111) ясная, по (001) и (113) менее отчетливая: Излом неровный. Иногда обладает красной или желтой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Полупрозрачный.  $N_g = 2,40—2,45$ ;  $N_p = 2,28—2,31$ ;  $N_g - N_p = 0,12$ . Одноосный, отрицательный, иногда двуосный.

Микрохимические реакции. Разлагается при нагревании в  $HNO_3$ ,  $HCl$  или  $H_2SO_4$ ; с  $KJ$  образует желтый осадок. С ксантагенатом калия появляется красное окрашивание;  $K_4Fe(CN)_6$  — коричнево-красное окрашивание. Последнее обесцвечивается от  $KOH$  5% в отличие от  $U$  и  $Cu$ .

#### **Ванадинит $Pb_5(VO_4)_3Cl$**

Физические свойства. Сингония гексагональная. Уд. в. 6,66—7,10. Встречается в виде неправильных зерен, иногда полных призматических зерен. Блеск смолистый. Тв. 2,5—3. Цвет красный, желтый, бурый. Черта белая или желтоватая. Хрупкий. Излом неровный.

Оптические свойства. Полупрозрачный.  $N_g = 2,370—2,505$ ;  $N_p = 2,318—2,423$ . Двупреломление высокое. Оптически одноосный, отрицательный.

Микрохимические реакции на свинец (1) и ванадий (2). 1. Минерал растворяют 1—2 мин. в  $HCl$  (1:1). После прибавления  $KJ$  5% появляется желтое окрашивание.

2. Минерал растворяют в  $H_2SO_4$  (1:1) 1 мин. при нагревании. После прибавления  $H_2O_2$  появляется красное окрашивание.

#### **Торолит $SnTa_2O_7$**

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 6,68—7,9. Встречается в виде таблитчатых зерен с хорошей спайностью по (100). Блеск алмазный. Тв. 5,5—6. Цвет золотисто-желтый, буровато-желтый. Черта желтая или белая.

Оптические свойства.  $N = 2,38—2,52$ . Двупреломление очень высокое. Двуосный.

#### **Анализ $TiO_2$**

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 3,82—3,95. Встречается обычно в виде очень мелких бипирамидальных или пластинчатых зерен с характерной штриховкой на гранях. Блеск алмазный, металлоидный. Тв. 5,5—6. Цвет бурый, желтый, синий, зеленоватый, черный. Черта бесцветная. Спайность по (001) и (111) совершенная. Излом неяснораковистый. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до почти непрозрачного.  $N_g = 2,554—2,564$ ;  $N_p = 2,489—2,497$ ;  $N_g - N_p = 0,04—0,07$ . Одноосный, отрицательный. Иногда аномально двуосный. Плеохроизм наблюдается только в толстых зернах. Минерал сплавляется с сухим  $KOH$ ; сплав растворяется в  $H_2SO_4$  (1:10), после прибавления  $H_2O_2$  появляется желтое окрашивание.



## Микрохимические реакции

### Ряд VII

#### Реальгар AsS

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,4—3,6. Встречается в виде окатанных зерен красного или оранжево-красного цвета. Спайность совершенная по (010) и (120). Блеск жирный. Тв. 1,5—2.

Оптические свойства. Прозрачный или просвечивающий.  $N_g = 2,70$ ;  $N_p = 2,54$ . Двупреломление высокое. Двуосный, отрицательный.

Микрохимические реакции. 1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1). После прибавления  $\text{SnCl}_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  появляется синяя устойчивая окраска. 2. Минерал сплавить с сухим КОН и после растворения в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) добавить сухой  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  — образуется желтое окрашивание.

#### Брукит $\text{TiO}_2$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,87—4,08. Встречается в виде пластинок, иногда со штриховкой, ориентированной параллельно удлинению кристалла. Блеск жирный, стеклянный. Тв. 5,5—6. Цвет бурый, желтый, серый. Черта бесцветная. Излом раковистый. Спайность слабая по (100). Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 2,644$ — $2,827$ ;  $N_p = 2,541$ — $2,681$ ;  $N_g - N_p = 0,103$ — $0,158$ . Двуосный, положительный. Плеохроизм редко наблюдается. Дисперсия очень сильная  $r > v$ .

Микрохимические реакции. Сплав минерала с  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$  или КОН растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 : 1). После прибавления  $\text{H}_2\text{O}_2$  появляется желтое окрашивание.

#### Рутил $\text{TiO}_2$

Физические свойства. Сингония тетрагональная. Уд. в. 4,18—4,25. Встречается в виде призматических шестоватых кристаллов с вертикальной штриховкой, часто образует коленчатые двойники по (101) и по (301) или неправильные окатанные зерна. Блеск алмазный, металлический. Тв. 6—6,5. Цвет красный, бурый, желтый, черный, реже синий, розовый, зеленый. Черта бледнобурая. Спайность по (110) и (100) хорошая, по (111) неясная. Излом неровный. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного.  $N_g = 2,889$ — $2,903$ ;  $N_p = 2,606$ — $2,616$ ;  $N_g - N_p = 0,286$ — $0,287$ . Одноосный, положительный. Иногда аномально двуосный. В окрашенных зернах наблюдается слабый плеохроизм.

Микрохимические реакции. Сплав минерала с  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$  или КОН растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . После прибавления  $\text{H}_2\text{O}_2$  появляется желтое окрашивание.

### Аурипигмент $As_2S_3$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,4—3,5. Встречается в виде тонких чешуйчатых кристаллов или мягких листочков с неровными краями. Блеск смолистый. Тв. 1,5—2. Цвет желтый. Черта желтая. Спайность по (010) весьма совершенная. На плоскостях спайности наблюдается штриховка.

Оптические свойства. Полупрозрачный.  $N_g = 3,0$ ;  $N_p = 2,4$ ;  $N_g - N_p = 0,6$ ;  $2V = 70^\circ$ ; двуосный, положительный. Сильная дисперсия  $r > v$ .

Микрохимические реакции. 1) Минерал растворяют в  $HNO_3$  (1:1). После прибавления  $SnCl_2$  и  $(NH_4)_2MoO_4$  появляется синее устойчивое окрашивание. 2) Минерал растворяется в  $HNO_3$  (1:1); после прибавления сухого  $(NH_4)_2MoO_4$  появляется желтое окрашивание.

## Минералы со стекляннм блеском

### Изотропные

#### Ряд VIII

### Флюорит $CaF_2$

Физические свойства. Сингония кубическая. Уд. в. 3,18. Встречается в виде зерен неправильной формы, иногда кубической или октаэдрической формы. Образует двойники прораствания по (111). Блеск стеклянный. Тв. 4. Цвет фиолетовый, зеленый, желтый, реже голубой, красный, бесцветный. Черта бесцветная. Спайность, совершенная по (111). Излом занозистый. Хрупкий. Люминесцирует фиолетовым или зеленым цветом в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства.  $N = 1,434$ . Изотропный.

### Гранат

См. описание в электромагнитной фракции (стр. 19).

### Шпинель $MgAl_2O_4$

См. описание в электромагнитной фракции (стр. 22).

## Анизотропные

#### Ряд IX

### Волластонит $Ca_3Si_3O_9$

Физические свойства. Сингония триклинная. Уд. в. 2,78—2,91. Встречается в виде округлых или таблитчатых зерен или в виде призматических кристаллов. Блеск стеклянный. Тв. 4,5—5. Цвет белый, серый, желтый, красный, бурый. Черта белая. Спайность по (100) совершенная, по (001) и (101) менее совершенная. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,631—1,635$ ;  $N_p = 1,616—1,621$ ;  $N_g - N_p = 0,014—$



0,017;  $2V$  около  $40^\circ$ . Оптически двуосный, отрицательный. Отчетливая дисперсия  $r > v$ . В катодных и ультрафиолетовых лучах обладает яркой желтой или голубовато-зеленой люминесценцией, в рентгеновских лучах — желтой или фиолетовой люминесценцией.

**Топаз**  $Al_2[SiO_4][F, OH]_2$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,4—3,6. Встречается в виде хорошо окатанных зерен эллипсоидальной или яйцевидной формы, реже призматической формы с тонкой вертикальной штриховкой. Блеск стеклянный. Тв. 8. Цвет желтый, серый, зеленый, синий, чаще бесцветный. Черта бесцветная. Спайность по (001) совершенная. Излом неровный. Обладает яркой голубой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства.  $Ng = 1,617—1,638$ ;  $Np = 1,607—1,629$ ;  $Ng—Np = 0,008—0,010$ ;  $2V = 48—60^\circ$ . Двуосный, положительный. В россыпных топазах наблюдаются оптические аномалии. Ясная дисперсия  $r > v$ .

**Гамлинит**  $SrAl_3(PO_4)(HPO_4)(OH)_6$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 3,16—3,28. Бесцветные или красновато-бурые кристаллы. Спайность по (0001) совершенная. Тв. 4—5.

Оптические свойства.  $Ng = 1,630—1,638$ ;  $Np = 1,620—1,629$ ;  $Ng—Np = 0,009—0,010$ . Одноосный, положительный, иногда аномально двуосный. Плеохроирует:  $Np$  — красновато-бурый;  $Ng$  — желтый.

Микрхимическая реакция. Минерал растворяют в  $HNO_3$  конц., добавляя порошок  $(NH_4)_2MoO_4$ , появляется желтая окраска.

**Тремолит**  $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 2,9—3,0. Встречается в виде столбчатых или волокнистых кристаллов с хорошей спайностью или в неправильных зернах. Блеск стеклянный. Тв. 5—6. Цвет белый, серый, часто бесцветный. Черта бесцветная. Спайность хорошая по (110), реже по (100) и (010). Излом неровный. Люминесцирует желтым, красным или фиолетовым цветом в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства.  $Ng = 1,62—1,64$ ;  $Np = 1,60—1,62$ ;  $Ng—Np = 0,02—0,03$ ;  $2V = 81—88^\circ$ . Двуосный, отрицательный. В окрашенных разностях наблюдается плеохроизм.

**Лазулит**  $(Mg, Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)_2$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 2,96—3,1. Встречается в виде окатанных синих зерен. Блеск стеклянный. Тв. 5—6.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного.  $Ng = 1,634—1,642$ ;  $Np = 1,603—1,616$ ;  $Ng—Np = 0,036—0,038$ ;  $2V = 69^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Плеохроирует.

Обнаружен в алмазонасных россыпях. ✓

#### Андалузит $Al_2[SiO_4]O$

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 3,1—3,2. Встречается в виде неправильных, окатанных или угловатых зерен, часто в виде удлиненных призматических зерен. Блеск стеклянный. Тв. 7,5. Цвет белый, розовый, красный, фиолетовый, бурый, зеленый, часто бесцветный. Черта бесцветная. Спайность ясная по (110), менее совершенная по (100) и реже по (010). Излом неровный. Обычно содержит включения углестого вещества.

**Оптические свойства.** Прозрачный. Разности, содержащие большое количество включений, непрозрачны.  $Ng = 1,639—1,647$ ;  $Np = 1,629—1,640$ ;  $Ng—Np = 0,007—0,011$ ;  $2V = 75—86^\circ$ . Двусный, отрицательный. Прямое погасание. В некоторых разностях наблюдается сильный плеохроизм:  $Np$  — розовый до кроваво-красного;  $Nm$  и  $Ng$  — бесцветный или бледножелтый.

#### Барит $BaSO_4$

**Физические свойства.** Сингония ромбическая. Уд. в. 4,3—4,7. Встречается обычно в угловатых зернах неправильной формы или в прямоугольных пластинках по спайности; зерна редко окатаны. Блеск стеклянный. Тв. 2,5—3,5. Цвет белый, синеватый, желтый, чаще бесцветный. Черта белая. Спайность совершенная по (001) и (110). Излом неровный. Хрупкий. Люминесцирует в катодных лучах фиолетовым, в рентгеновских лучах — зеленым, в ультрафиолетовых лучах — фиолетовым, желтым или розовым цветом.

**Оптические свойства.** Прозрачный до просвечивающего.  $Ng = 1,648$ ;  $Np = 1,636$ ;  $Ng—Np = 0,012$ ;  $2V = 37^\circ$ . Двусный, положительный. Призматические зерна дают прямое погасание.

**Микрохимические реакции.** Порошок минерала кипятить в конц.  $H_2SO_4$  до появления паров. После прибавления воды выпадает белая муть —  $BaSO_4$ .

#### Апатит $Ca_5(PO_4)_3F, Cl$

**Физические свойства.** Сингония гексагональная. Уд. в. 3,17—3,23. Встречается в окатанных призматических или округлых зернах. Поверхность зерен шероховатая. Нередко заметны внутренние мелкие трещины и включения. Блеск стеклянный. Тв. 5. Цвет зеленый, синевато-зеленый, розовато-лиловый, серый, бесцветный, бурый. Черта белая. Спайность несовершенная по (0001) и (1010). Излом раковистый и неровный. Иногда обладает яркой люминесценцией в катодных рентгеновских и ультрафиолетовых лучах.

**Оптические свойства.**  $Ng = 1,632—1,648$ ;  $Np = 1,630—1,643$ ;  $Ng—Np = 0,002—0,005$ . Одноосный, отрицательный, иногда псевдодвусный. Темноокрашенные разности иногда слабо плеохроичны.



Микрохимические реакции. Минерал растворяют в  $\text{HNO}_3$  конц., добавляют  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  в порошок. Появляется желтое окрашивание.

**Лепидолит**  $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F}, \text{OH}]_2$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 2,8—2,9. Встречается, как и другие слюды, в неправильных осколках по спайности, часто чешуйчатый. Блеск стеклянный. Тв. 2—4. Цвет лиловый, лиловато-розовый, белый, желтый, серый, розовый. Спайность весьма совершенная по (001). Излом неправильный. Обладает красной люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,56$ ;  $N_p = 1,53$ ;  $N_g - N_p = 0,024$ ;  $2V$  меняется от 0 до  $50^\circ$ . Двуосный, отрицательный, иногда дает псевдоодноосную фигуру. В некоторых разах наблюдается отчетливый плеохроизм. Дисперсия  $r > v$ .

**Фенакит**  $\text{Be}_2\text{SiO}_4$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 2,96—3,0. Встречается в виде окатанных ромбоэдрических или линзовидных зерен. Блеск стеклянный. Тв. 7,5—8. Цвет желтый, буро-красный, часто бесцветный. Черта бесцветная. Спайность по (11 $\bar{2}$ 0) ясная, по (10 $\bar{1}$ 1) несовершенная. Излом раковистый. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,670$ ;  $N_p = 1,654$ ;  $N_g - N_p = 0,016$ . Одноосный, положительный. Погасание прямое. В толстых зернах плеохроирует.

**Энстатит**  $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O})_6$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,1—3,3. Встречается в таблитчатых или неправильных зернах, реже сохраняются призматические кристаллы. Блеск стеклянный, металлоидный у бронзита. Тв. 5—6. Цвет серый, желтоватый, зеленоватый, белый. Черта бесцветная. Спайность совершенная по (110) и (010), менее совершенная по (100). Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего. Показатель преломления высокий, изменяется в зависимости от содержания железа.  $N_g = 1,665 - 1,671$ ;  $N_p = 1,656 - 1,660$ ;  $N_g - N_p = 0,009 - 0,011$ .  $2V = 69 - 72^\circ$ . Двуосный, положительный. Дисперсия слабая  $r > v$ . Плеохроизм слабый, усиливающийся с увеличением содержания железа.

Ряд X

**Эвклаз**  $\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_2$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Удельный вес 3,0—3,1. Встречается в виде окатанных зерен неправильной или призматической формы, иногда в виде пластинок по спайности. Блеск стеклянный. Тв. 7,5. Цвет бледнозеленый, бурый, синий или бесцветный. Черта бесцветная. Хрупкий. Спай-

ность по (010) совершенная, по (100) и (001) несовершенная. Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного.  $N_g = 1,671$ ;  $N_p = 1,652$ . Двупреломление высокое.  $N_g - N_p = 0,019$ .  $2V = 50^\circ$ . Двуосный, положительный. Дисперсия  $r > v$ . Иногда наблюдается плеохроизм.

#### **Актинолит**

Описание см. в таблице электромагнитных минералов (стр. 20).

#### **Сподумен $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$**

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,13—3,20. Встречается в виде окатанных пластинчатых или призматических кристаллов. Образует двойники по (100). Блеск стеклянный. Тв. 6,5—7. Цвет белый с зеленоватым и сероватым оттенком, зеленый, желтый, розоватый. Черта белая. Спайность совершенная по (110). Излом неровный. Грани призмы вертикально исштрихованы. В катодных лучах люминесцирует ярким розовато-желтым светом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,675 - 1,681$ ;  $N_p = 1,651 - 1,668$ ;  $N_g - N_p = 0,013 - 0,027$ ;  $2V = 54 - 68^\circ$ . Двуосный, положительный. В окрашенных разностях наблюдается плеохроизм:  $N_p$  — пурпурный или зеленоватый;  $N_m$  — розовый или зеленый;  $N_g$  — бесцветный.

#### **Роговая обманка**

Описание см. в таблице электромагнитных минералов (стр. 20).

#### **Силлиманит $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$**

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,23—3,25. Встречается в окатанных удлиненных призматических или волокнистых кристаллах. Блеск стеклянный. Тв. 6—7. Цвет зеленоватый, буроватый, серовато-белый, чаще бесцветный. Черта бесцветная. Спайность совершенная по (010). Излом неровный. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный.  $N_g = 1,677 - 1,684$ ;  $N_p = 1,657 - 1,661$ ;  $N_g - N_p = 0,02$ ;  $2V = 25 - 30^\circ$ . Двуосный, положительный. В густоокрашенных разностях плеохроизм. Сильная дисперсия  $r > v$ .

#### **Флоренсит $\text{CeAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$**

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 3,58. Встречается очень редко в виде зерен ромбоэдрического облика с явно выраженной спайностью по базопинакоиду. Блеск стеклянный. Тв. 5. Оптически одноосный, положительный.  $N_g = 1,685$ ;  $N_p = 1,680$ ;  $N_g - N_p = 0,005$ .

Микрохимические реакции. Минерал сплавляют с сухим KOH; сплав растворяют в  $\text{HNO}_3$  1:1 и прибавляют порошок  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  — образуется желтое окрашивание.

#### **Оливин**

Описание см. в таблице электромагнитных минералов (стр. 25).

#### **Турмалин**

См. в таблице описание электромагнитных минералов (стр. 19).



**Аксинит**  $\text{Ca}_2(\text{Mn, Fe})\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$ 

Физические свойства. Сингония триклинная. Уд. в. 3,25—3,30. Встречается в виде неправильных или округлых зерен. Блеск стеклянный. Тв. 6,5—7. Цвет розовый, бурый, синий, серый, желтый, изредка бесцветный. Черта бесцветная. Спайность ясная по (010). Излом раковистый. Хрупкий.

Оптические свойства.  $N_g = 1,680—1,696$ ;  $N_p = 1,668—1,685$ ;  $N_g - N_p = 0,009—0,011$ ;  $2V = 69—75^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Плеохроизм наблюдается только в толстых зернах.

**Цоизит**  $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ 

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,25—3,36. Встречается в неправильных угловатых или окатанных зернах. Призматические зерна сохраняются редко. Блеск стеклянный. Тв. 6—6,5. Цвет белый, серый, зеленоватый, буроватый, красный. Черта бесцветная. Спайность по (010) весьма совершенная. Излом неровный. Хрупкий.

Оптические свойства.  $N_g = 1,702—1,706$ ;  $N_p = 1,696—1,700$ ;  $N_g - N_p = 0,005—0,009$ . В мелких зернах, ориентированных по (100), при малом угле оптических осей, интерференционная окраска темноиндигово-синяя. Двуосный, положительный. В крупных зернах наблюдается плеохроизм от синеваато-зеленого до желтого.

**Диопсид**

См. в таблице описание электромагнитных минералов (стр. 24).

**Ряд XI****Кианит**  $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$ 

Физические свойства. Триклинной сингонии. Уд. в. 3,5—3,7. Встречается в окатанных неравномерно окрашенных призматических зернах или в виде длинных плоских зерен. Поверхность минерала часто покрыта трещинками. Блеск стеклянный. Тв. 5,7 не одинакова в различных направлениях. Цвет синий, бесцветный, реже зеленый и серый. Черта бесцветная. Спайность по (100) весьма совершенная, по (010) менее совершенная, также отдельность по (001). Излом неровный, занозистый. В катодных лучах люминесцирует меланово-красным цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,729$ ;  $N_p = 1,713$ ;  $N_g - N_p = 0,015$ ;  $2V = 82^\circ$ . Двуосный, отрицательный. Косое погасание. В окрашенных разностях ясный плеохроизм.  $N_p$  — бесцветный;  $N_m$  — фиолетово-синий;  $N_g$  — темносиний.

**Гиперстен**

См. в таблице описание электромагнитных минералов (стр. 19).

**Везувиан**

См. в таблице описание электромагнитных минералов (стр. 24).

### Клиноцоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 3,35—3,38. Встречается в виде бесцветных или серых призматических окатанных кристаллах или в неправильных зернах. Блеск стеклянный. Тв. 6,5. Цвет серый, желтый, зеленый, розовый, бесцветный. Черта бесцветная.

Оптические свойства.  $N_g = 1,734$ ;  $N_p = 1,724$ ;  $N_g - N_p = 0,010$ ;  $2V = 85^\circ$ . Двуосный, положительный. Темные разности слегка плеохроируют.

### Диаспор $\text{HAlO}_2$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,3—3,5. Встречается в виде призматических кристаллов. Блеск стеклянный. Тв. 6—7. Цвет белый, желтый, серый. Спайность отчетливая по (010).

Оптические свойства. Прозрачный или просвечивающий.  $N_g = 1,750$ ;  $N_p = 1,702$ ;  $N_g - N_p = 0,048$ ;  $2V = 84^\circ$ . Двуосный, положительный, иногда наблюдается плеохроизм от красновато-бурого до почти бесцветного. Дисперсия слабая.

### Хризоберилл $\text{BeAl}_2\text{O}_4$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 3,5—3,84. Обычно встречается в виде окатанных плоских зерен. Блеск стеклянный. Тв. 8,5. Цвет зеленый, желтый, желтовато-зеленый. Черта бесцветная. Обычно двойники по (031). В двойниках наблюдается перистая штриховка. Спайность по (011), хорошая, по (010) несовершенная и по (100) неясная. Излом раковистый, неровный. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,753 - 1,758$ ;  $N_p = 1,744 - 1,747$ ;  $N_g - N_p = 0,009$ .  $2E = 85^\circ$ ;  $2V = 45 - 71^\circ$ . Двуосный, положительный. Плеохроирует:  $N_g$  — красный;  $N_m$  — оранжевый, желтый, изумрудно-зеленый.

### Ставролит

См. в таблице описание электромагнитных минералов (стр. 24).

### Бенитоит $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 3,65. Кристаллы пирамидального или таблитчатого облика. Блеск стеклянный. Тв. 6—6,5. Цвет голубой, синий, красный, иногда бесцветный. Спайность несовершенная по (1011).

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,804$ ;  $N_p = 1,757$ ;  $N_g - N_p = 0,047$ . Одноосный, положительный. Окрашенные разности плеохроичны.  $N_e$  — бесцветный;  $N_o$  — темносиний, пурпурный.

Микрохимические реакции. Минерал сплавляют с  $\text{KOH}$ . Сплав растворяют в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1). После прибавления 3% -ной  $\text{H}_2\text{O}_2$  появляется желтое окрашивание.



### Смитсонит $ZnCO_3$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 4,1—4,5. Встречается очень редко в виде неправильных зерен, иногда натечной и гроздевидной формы. Блеск стеклянный. Тв. 5,5. Цвет белый, сероватый, зеленоватый, бурый. Черта белая. Спайность совершенная по (1011). Излом неровный. В катодных лучах люминесцирует розовым цветом.

Оптические свойства. Полупрозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,849$ ;  $N_p = 1,621$ ;  $N_g - N_p = 0,228$ . Оптически одноосный, отрицательный.

Микрохимические реакции. Минерал растворяют в  $HNO_3$  (1:1). После прибавления  $Cu(NO_3)_2 + HgCl_2 + KCNS$  появляется фиолетовое окрашивание.

### Сидерит $FeCO_3$

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 3,78—3,89. Встречается в неправильных угловатых, слегка окатанных, иногда ромбовидных зернах, ограниченных плоскостями спайности, а также натечные шаровидные образования. Блеск стеклянный. Тв. 3,5—4. Цвет серый, буроватый. Черта белая. Спайность совершенная по ромбоэдру (1011). Излом неровный. Люминесцирует в катодных лучах красным или коричневым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,851—1,875$ ;  $N_p = 1,612—1,634$ ;  $N_g - N_p = 0,238—0,242$ . Одноосный, отрицательный. Иногда наблюдается псевдоабсорбция.

Микрохимические реакции. Минерал в течение 2 мин. обрабатывается  $K_4Fe(CN)_6 + (HCl 1:20)$ , появляется синее окрашивание (пленка).

### Фаялит $Fe_2SiO_4$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Встречается в шлихах очень редко. Кристаллы подобны оливину. Уд. в. 4,1. Блеск стеклянный. Тв. 6,5. Бесцветный или желтоватый.  $N_g = 1,886$ ;  $N_p = 1,835$ ;  $N_g - N_p = 0,051$ ;  $2V = 50^\circ$ . Двуосный, отрицательный.

## ЛЕГКАЯ ФРАКЦИЯ С УД. В. < 2,9

### Ряд XII

#### Графит С

Физические свойства. Сингония тригональная. Уд. в. 2—2,3. Встречается в виде мелких чешуек. Спайность совершенная по базису. Блеск металлический. Тв. 1—2. Цвет железо-черный.

#### Опал $SiO_2 \cdot nH_2O$

Физические свойства. Уд. в. 1,9—2,5. Аморфный. Встречается в виде бесформенных зерен, иногда натечно-слоистых и почковидной формы. Блеск стеклянный. Тв. 5,5—6,5. Цвет

белый, молочно-белый, бледные тона желтого, красного, серого и голубого. Черта бесцветная. Излом раковистый; хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный. до непрозрачно-го.  $N = 1,40—1,46$ . Изотропный. Иногда обладает двупреломлением, обусловленным внутренним напряжением.

#### Янтарь $C_{10}H_{16}O$

Физические свойства. Аморфный. Уд. в. 1,05—1,09. Наблюдается в округлых натечных формах. Блеск смолистый, стеклянный. Тв. 2—2,5. Цвет желтый, коричневый. Черта желтоватая. Часто отмечаются включения углистых веществ, иногда насекомых. Излом раковистый. Температура плавления 250—400°. Обладает зеленой или красновато-желтой люминесценцией в катодных и ультрафиолетовых лучах.

Оптические свойства. Прозрачный или полупрозрачный.  $N = 1,53—1,54$ . Изотропный.

#### Кварц $SiO_2$

Физические свойства. Тригональная сингония. Уд. в. 2,65—2,66. Встречается в виде призматических и пирамидальных кристаллов, часто в виде окатанных зерен. Блеск стеклянный, в темных разностях жирный. Тв. 7. Бесцветный, желтый, розовый, бурый, зеленый, синий и черный. Черта бесцветная. Излом раковистый, занозистый. Хрупкий. Обладает слабой синей, розовой или фиолетовой люминесценцией в катодных лучах.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,553$ ,  $N_p = 1,544$ ,  $N_g - N_p = 0,009$ . Одноосный, положительный. Изредка аномально двуосный. Прямое погасание параллельно ребру призмы или вертикальной оси.

#### Полевые шпаты (Алюмосиликаты K, Na и Ca).

Физические свойства. Кристаллизуется в моноклинной или триклинной сингонии. Уд. в. 2,5—2,9. Встречается в неправильных окатанных зернах, иногда сохраняющих признаки хорошей спайности. Наблюдаются призматические и таблитчатые кристаллы. Образуют двойники по различным законам, часто полисинтетические. Блеск стеклянный. Тв. 6—6,5. Цвет белый, бледножелтый, розовый, красноватый, зеленоватый. Черта бесцветная. Спайность совершенная по (001) и по (010). Излом раковистый. Ярко люминесцирует в катодных, рентгеновских и ультрафиолетовых лучах. Окраска люминесценции различная.

Оптические свойства. Прозрачные.  $N = 1,52—1,58$ ;  $N_g - N_p = 0,006—0,013$ . Интерференционная окраска располагается правильными полосами или клетками, обусловленными полисинтетическими двойниками. Прочие оптические свойства изменяются в широких пределах, в зависимости от разновидностей.

#### Кордиерит $Al_3(Mg,Fe)_2[Si_5AlO_{18}]$

Физические свойства. Сингония ромбическая. Уд. в. 2,60—2,66. Встречается в виде полуразрушенных окатанных зерен, сохраняющих иногда форму ромбоэдра. Блеск стеклянный. Тв. 7—7,5. Цвет голубой, серый, зеленоватый, желтоватый. Черта



бесцветная. Спайность по (010) ясная, по (100) и (001) неясная. Излом неяснораковистый. Хрупкий.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,539-1,570$ ;  $N_p = 1,532-1,552$ ;  $N_g - N_p = 0,003-0,011$ . Двусный, отрицательный. Обычно плеохроичен.  $N_p$  — желтоватый, зеленый;  $N_m$  — фиолетовый, темносиний;  $N_g$  — светлосиний, желтый, бурый.

#### **Берилл** $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$

Физические свойства. Сингония гексагональная. Уд. в. 2,63—2,91. Встречается в виде окатанных призматических зерен, часто с вертикальной штриховкой на гранях призм. Спайность несовершенная по (0001). Хрупкий. Блеск стеклянный. Тв. 7,5—8. Цвет зеленый, желтый, белый, реже синий, красный. Черта белая. В катодных лучах слабо люминесцирует голубым цветом, в рентгеновских лучах желтым, в ультрафиолетовых лучах фиолетовым.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,568-1,602$ ;  $N_p = 1,564-1,595$ ;  $N_g - N_p = 0,004-0,008$ . Одноосный, отрицательный, иногда аномально двусный. Обладает слабым плеохроизмом.

#### **Хлориты**

Группа слюдястых минералов, часто являющихся продуктами изменения амфиболов и слюд.

Физические свойства. Сингония моноклиная. Уд. в. 2,6—2,85. Встречается в виде гибких слюдоподобных пластинок или чешуек. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Тв. 2—2,5, зеленый, фиолетовый, розовый. Спайность по (001) совершенная.

Оптические свойства. Просвечивающий до прозрачного.

$N_m = 1,576-1,60$  для пеннина;  $N_m = 1,57-1,59$  для клинохлора.  $N_g - N_p = 0,003$  у пеннина;  $N_g - N_p = 0,011$  у клинохлора. Некоторые разности обнаруживают двусную фигуру и могут быть положительными или отрицательными.  $2V$  непостоянен, даже в одном кристалле изменяется от 0 до  $90^\circ$ . При  $2V = 0$  дает псевдоодноосную фигуру. У окрашенных разностей наблюдается плеохроизм от зеленого до желтого.

#### **Мусковит** $K,Al_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$

Физические свойства. Сингония моноклиная. Уд. в. 2,76—3,10. Встречается в виде пластинчатых псевдогексагональных кристаллов или тонких чешуек. При надавливании иглой кристалл расщепляется на тонкие пластинки по спайности. Блеск стеклянный. Тв. 2—3. Цвет от бесцветного до желтого. Спайность весьма совершенная по (001).

Оптические свойства.  $N_g = 1,588-1,600$ ;  $N_p = 1,552-1,591$ ;  $N_g - N_p = 0,036$ ;  $2V$  около  $45^\circ$ . Двусный, отрицательный. Плоскость оптических осей  $N_g N_p$  перпендикулярна (010);

острая биссектриса практически перпендикулярна (001), вследствие чего пластинки по спайности дают всегда хорошую интерференционную фигуру. Дисперсия  $r > v$ .

#### Кальцит $\text{CaCO}_3$

Физические свойства. Тригональная сингония. Уд. в. 2,6—2,8. Встречается в неправильных зернах, реже сохраняются тонкопластинчатые или длиннопризматические зерна. Иногда натечные формы. Блеск стеклянный. Тв. 3. Цвет белый, желтый, красный, бурый. Часто бесцветный. Черта белая. Спайность по (1011) весьма совершенная. Излом раковистый. Обладает яркой краской или желтой люминесценцией в катодных и рентгеновских лучах. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует фиолетовым, красным и голубовато-белым цветом.

Оптические свойства. Прозрачный до просвечивающего.  $N_g = 1,658$ ;  $N_p = 1,486$ ;  $N_g - N_p = 0,172$ ;  $2V = 30^\circ$ . Одноосный, отрицательный. Иногда аномально двусосный.

Микрхимические реакции. Минерал окрашивается чернилами в присутствии  $\text{HCl}$  (1 : 20) в фиолетовый цвет.

#### Биотит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$

Физические свойства. Сингония моноклинная. Уд. в. 2,7—3,1. Встречается в шлихах в виде пластинчатых шестигранных кристаллов. При надавливании иглой расщепляется по спайности на более тонкие пластинки.

Блеск жирный, стеклянный. Тв. 2,5—3,0. Спайность весьма совершенная по (001). Излом неровный.

Оптические свойства. Прозрачный до непрозрачного.  $N_g = 1,60$ —1,66;  $N_p = 1,56$ —1,60;  $N_g - N_p = 0,04$ —0,06.  $2V$  весьма мал, и минерал часто дает одноосную интерференционную фигуру. Оптически двусосный, отрицательный. Плеохроизм сильный:  $N_p$  — бесцветный, светложелтый.  $Nm - Np$  — темнобурый, красно-бурый, зеленый.



## МИКРОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДИКА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Как уже ранее отмечалось, при диагностике минералов шлихов большую помощь оказывают микрохимические и пленочные реакции, главным образом потому, что определение минералов приходится производить на единичных мелких зернах<sup>1</sup>.

1. Если минерал растворяется в кислоте, анализ производится следующим образом: 1—2 зерна определяемого минерала переносят с помощью иголки в углубление фарфоровой пластинки или на предметное стекло и наносят каплю  $\text{HNO}_3$  или  $\text{HCl}$ . Под бинокляром следят за тем, как растворяется минерал, добавляют соответствующий реактив для получения окрашенной пленки на поверхности минерала (как, например, у базовисмута, церуссита и других минералов) или окрашенного осадка вокруг минерала (как, например, у апатита, галенита и др.). Эту же реакцию можно получить на фильтровальной бумаге; для этого каплю раствора следует перенести на фильтровальную бумагу, а затем добавить каплю соответствующего реагента.

2. Если минерал не растворим в кислотах, анализ производится следующим образом: 1—2 зерна определяемого минерала переносят с помощью иголки в углубление фарфоровой пластинки и концом стеклянной палочки растирают минерал в порошок или же зерна помещают на предметное стекло в каплю воды для того, чтобы при раздавливании минерал не разлетелся. Затем с помощью другого предметного стекла минерал растирают в тонкий порошок, просушивают его. В ушке платиновой проволочки сплавляют перл соды или сухого КОН. Перлом собирают с предметного стекла порошок минерала и прокаливают его. Сплав минерала следует растворить в соответствующей кислоте. В этом растворе определяют элементы, входящие в состав минерала, таким же образом, как в первом случае.

### Ванадий

1. Минерал растворяют в  $\text{HNO}_3$  в течение 1—2 мин. Каплю испытуемого раствора переносят на фильтровальную бумагу, и на нее накладывают каплю уксуснокислого бензидина, в случае присутствия ванадия образуется синее окрашивание.

<sup>1</sup> Список реактивов, применяемых при проведении химических реакций, см. в работе С. А. Юшко, Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете, Госгеолиздат, 1950.

2. Минерал растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 : 4) в течение 1—2 мин. Каплю испытуемого раствора переносят на фильтровальную бумагу, и на нее накладывают каплю 3%-ной  $\text{H}_2\text{O}_2$ . В присутствии ванадия капля окрашивается в оранжевый цвет. В случае применения в качестве растворителя  $\text{HNO}_3$  появляется вначале оранжевая окраска, которая быстро исчезает.

3. Если минерал не растворяется в кислотах, поступают следующим образом. Порошок минерала сплавляют в ушке платиновой проволоочки с сухим  $\text{KOH}$ . Сплав растворяют в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 : 20) и добавляют несколько капель 3%-ной  $\text{H}_2\text{O}_2$ . В присутствии ванадия образуется оранжевое окрашивание.

### **Висмут**

1. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), переносится на фильтровальную бумагу, сверху помещается по одной капле  $\text{CsCl}$ ,  $\text{HCl}$  конц. и 5%-ный  $\text{KJ}$ , в случае присутствия висмута образуется устойчивое кирпично-красное пятно.

2. Если минерал травится в  $\text{HCl}$  (1 : 1), то в качестве проявителя применяется иодистый калий + хинин, в случае присутствия висмута образуется оранжево-красная окраска, исчезающая от избытка  $\text{HCl}$ .

3. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), капля переносится на фильтровальную бумагу, и сверху помещается 10%-ный раствор тиомочевины, образуется желтое окрашивание, в отличие от селена исчезающее от 5%-го  $\text{KOH}$ .

### **Вольфрам**

1. Порошок минерала кипятят в  $\text{HCl}$  конц. с металлическим оловом или  $\text{SnCl}_2$ , в случае присутствия вольфрама раствор окрашивается в голубой цвет.

2. Порошок минерала сплавляют с  $\text{KOH}$  в ушке платиновой проволоочки. Сплав растворяют в  $\text{HCl}$  (1 : 1), переносят на фильтровальную бумагу и накладывают капли  $\text{KCNS}$  и  $\text{SnCl}_2$ ; в присутствии вольфрама образуется серовато-синяя окраска.

### **Железо**

1. Минерал травят  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) 1—2 мин., капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, на нее накладывается капля  $\text{KCNS}$ , в случае присутствия железа появляется коричнево-красная окраска.

2. Минерал травят  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) 1—2 мин., капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, на нее накладывается капля  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в случае присутствия железа образуется синее окрашивание.

3. В случае, если минерал не растворим в кислотах (ильменит, колумбит, танталит и др.), порошок минерала в ушке платиновой проволоочки сплавляется с сухим  $\text{KOH}$ . Сплав растворяют в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 : 4), раствор переносят на фильтровальную бумажку и сверху помещают каплю 20%-ного раствора  $\text{KCNS}$ , в присутствии железа пятно окрашивается в коричнево-красный цвет.



## **Золото**

1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1:1 или 1:20), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу и на нее накладывается капля уксуснокислого бензидина. В присутствии золота появляется синее окрашивание (аналогичную реакцию дает ванадий).

2. Минерал растворяется в царской водке. Капля испытуемого раствора переносится на предметное стекло, выпаривается до удаления  $\text{HNO}_3$ , на получившийся сухой остаток накладывается капля  $\text{SnCl}_2$ . В присутствии золота появляются его металлические чешуйки или выпадает кассиев пурпур, при прибавлении в раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$  получается красное окрашивание.

## **Кобальт**

1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (конц. или 1:1), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, сверху помещается капля 5%-ного раствора  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в присутствии кобальта получается красно-бурая окраска, не изменяющаяся, в отличие от марганца, от  $\text{SnCl}_2$ .

2. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (конц. или 1:1), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, сверху помещается капля 1%-ного  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  и ртутно-родановой соли, в случае присутствия кобальта образуется голубое окрашивание.

## **Марганец**

1. Минерал растворяется конц.  $\text{HCl}$  или  $\text{HNO}_3$ , капля испытуемого раствора переносится на фильтровальную бумагу и покрывается каплей  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в присутствии марганца появляется буро-коричневая окраска. Последняя, в отличие от кобальта, становится темнокоричневой при действии  $\text{SnCl}_2$  насыщ. Чтобы изменение окраски было более четко заметно, капля  $\text{SnCl}_2$  наносится на середину окрашенного пятна.

2. Растворитель уксусно-кислый бензидин, капля переносится на фильтровальную бумагу, последняя окрашивается в синий цвет.

*Примечание.* Эта реакция применима только для минералов, где марганец четырехвалентен.

## **Медь**

1. Минерал травится  $\text{HNO}_3$  (1:1 или 1:20), капля переносится на фильтровальную бумагу и на нее накладывается капля 1%-ной рубеоановой кислоты, затем капля 10%-ного  $\text{NH}_4\text{OH}$ , в случае присутствия меди образуется серо-зеленое окрашивание.

2. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1:1 или 1:20), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, и сверху накладывается капля 5%-ного раствора  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в случае присутствия меди образуется розово-коричневое окрашивание, в отличие от молибдена и урана изменяющееся в голубой цвет от действия 5%-ного  $\text{KOH}$ .

3. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1:1 или 1:20), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, на нее накла-

дывается капля ртутно-родановой соли, в случае присутствия меди образуется желто-зеленое окрашивание.

### Молибден

Если минерал не растворим в кислотах (молибденит), то порошок минерала сплавляют в платиновой проволочке с сухим КОН, растворяют в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), каплю раствора переносят на фильтровальную бумагу и покрывают 5%-ной  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в присутствии молибдена образуется коричневое окрашивание, которое, в отличие от урана, обесцвечивается 5%-ным КОН.

1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), капля испытуемого раствора переносится на фильтровальную бумагу, на каплю накладывается 5%-ую  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , в случае присутствия молибдена образуется коричневое окрашивание.

2. Минерал растворяется в  $\text{HCl}$  (1 : 1), капля переносится на фильтровальную бумагу, и на это место накладывается капля свежее приготовленного раствора ксантогената калия, в случае присутствия молибдена образуется малиновое окрашивание.

Примечание. Применение крепких растворителей не рекомендуется, так как ксантогенат калия ими разлагается, при этом образуется бурая окраска, поэтому лучше предварительно сплавить с КОН и сплав растворить в  $\text{HCl}$  (1 : 20).

3. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), капля переносится на фильтровальную бумагу, и сверху помещается капля  $\text{KCNS}$  и  $\text{SnCl}_2$ , в случае присутствия молибдена образуется красное окрашивание пятна на фильтровальной бумаге.

### Мышьяк

1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) в течение 1 мин. капля переносится на предметное стекло и добавляется сухая соль  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , в случае присутствия мышьяка образуется лимонно-желтый осадок. Аналогичную реакцию дает фосфор<sup>1</sup>.

2. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), капля переносится на фильтровальную бумагу, на нее накладывается капля  $\text{SnCl}_2$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , в случае присутствия мышьяка образуется устойчивая на воздухе синяя окраска.

3. Минерал растворяется в трех частях  $\text{NH}_4\text{OH}$  + 1 часть  $\text{H}_2\text{O}_2$ , капля испытуемого раствора переносится на фильтровальную бумагу и сверху покрывается раствором 5%-ной  $\text{AgNO}_3$ , в присутствии мышьяка пятно медленно окрашивается в шоколадно-коричневый цвет.

Примечание. При растворении минерала нужно применять электрический ток, для этого платиновые электроды от карманной батарейки вводят в каплю с растворителем.

Растворитель готовится непосредственно перед реакцией, так как он легко разлагается.

<sup>1</sup> Эту же реакцию на фосфор можно получить, если растереть порошок минерала с сухой солью  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  и смочить 1—2 каплями конц.  $\text{HNO}_3$ .



## Никель

1. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 или 1 : 20), капля переносится на фильтровальную бумагу, на нее накладываается капля диметилглиоксима и  $\text{NH}_4\text{OH}$ . В случае присутствия никеля образуется малиновое окрашивание.

Если никель открывают в присутствии железа, то поступают следующим образом. Испытуемый раствор переносят на фильтровальную бумагу и на это место, в середину пятна, накладывают каплю  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; когда капля полностью впитается, вокруг пятна обводят капилляром, наполненным диметилглиоксимом. В присутствии никеля по периферии пятна образуется малиновое кольцо. Никель этим способом открывают в пентландите и виоларите.

2. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 или 1 : 20), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу и на нее накладываается капля рубеоановой кислоты и 10%-ной  $\text{NH}_4\text{OH}$ , в случае присутствия никеля образуется сине-фиолетовое окрашивание.

3. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 или 1 : 20), капля раствора переносится на фильтровальную бумагу и на нее накладываается капля ртутно-родановой соли. В случае присутствия никеля образуется травянозеленое окрашивание.

## Олово

1. Минерал растворяется в концентрированной  $\text{HCl}$  конц. в течение 2 мин., переносится на фильтровальную бумагу и покрывается каплей  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  (насыщ. раствор), в случае присутствия олова образуется синее окрашивание, бурящее на воздухе. Чтобы капля не бурела, добавляют раствор, содержащий  $\text{As}$ .

2. Минерал растворяется в  $\text{HCl}$  конц., переносится на предметное стекло и добавляется капля  $\text{AuCl}_3$ , в случае присутствия олова выпадают блесочки золота.

3. В касситерите олово открывается следующим образом. На поверхность минерала помещается капля  $\text{HCl}$  конц., в нее вводятся порошок или стружки металлического цинка. По истечении нескольких минут поверхность минерала покрывается пленкой металлического олова, последняя наблюдается более четко после промывки минерала водой. Пленка получается более отчетливо, если кристаллы касситерита поместить на цинковую пластинку.

## Платина и палладий

Минералы платины и палладия растворяются с трудом только в царской водке.

1. Полученный раствор платины или палладия переносится на фильтровальную бумагу. Когда раствор полностью впитался, пятно перечеркивают капилляром, наполненным  $\text{SnCl}_2$ . В присутствии платины на периферии пятна, в местах пересечения их капилляром, появляется желтое окрашивание; в присутствии палладия центральная часть пятна окрашивается в оранжево-желтый цвет.

## Свинец

1. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 или 1 : 20), капля переносится на фильтровальную бумагу, и на нее наносится капля  $\text{KI}$  (5%-ного), в случае присутствия свинца образуется желтое окрашивание.

Примечание. При употреблении  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 и выше) может выделяться иод, окрашивающий каплю в бурый цвет и маскирующий желтую окраску иодистого свинца. Для восстановления последней необходимо вокруг окрашенной капли на фильтровальной бумаге обвести капилляром, наполненным гипосульфитом — бурая окраска иода исчезает. Иод может быть также восстановлен из  $\text{KI}$ , если в испытуемом растворе, кроме свинца, будут присутствовать медь и железо.

2. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1 или 1 : 20), капля переносится на фильтровальную бумагу и на нее накладываается капля 5%-ного,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , в случае присутствия свинца образуется желтое окрашивание. Окраска лучше выявляется при промывке водой, для чего фильтровальную бумажку опускают на несколько минут в стакан с водой; мешает серебро, дающее с  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  коричневатое-красное окрашивание.

## Селен

Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) в течение 1—2 мин., раствор переносится на фильтровальную бумагу, после чего на это место накладываается капля 10%-ного раствора тиомочевины, в случае присутствия селена образуется красное окрашивание.

Примечание. Иногда красное окрашивание появляется при растворении минерала в  $\text{HNO}_3$ , так как выпадает красный осадок металлического селена.

## Серебро

1. Минерал растворяется в течение 1—2 мин. в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1), капля испытуемого раствора переносится на фильтровальную бумагу, после чего на нее накладываается капля  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , в присутствии серебра образуется кирпично-красное окрашивание. Окраска становится более отчетливой в присутствии уксусной кислоты.

2. Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) в течение 1—2 мин., капля испытуемого раствора переносится на предметное стекло. В каплю вводят кристаллик соли  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Выпадают кристаллы оранжевого и желтого цвета  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ .

3. Если минерал не травится кислотами (бромидит, иодидит, кераргидит), то порошок минерала сплавляют с содой или с сухим  $\text{KOH}$ . Растворяют сплав в  $\text{HNO}_3$  (1 : 20). Каплю раствора переносят на фильтровальную бумагу, и на последнюю накладывают каплю  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . В присутствии серебра образуется кирпично-красная окраска.

## Сурьма

1. Минерал травится  $\text{HCl}$  конц., капля переносится на предметное стекло, затем добавляется сухая соль  $\text{KI}$  и  $\text{CsCl}$  (не-



сколько кристалликов), в случае присутствия сурьмы выпадает красный осадок.

*Примечание.* В отличие от висмута, на фильтровальной бумаге сурьма не открывается, образующаяся в первый момент окраска быстро исчезает.

2. Если минерал в  $\text{HCl}$  не растворяется, то реакцию проводят следующим образом. Минерал растворяют в  $\text{HNO}_3$  конц. на предметном стекле, капля осторожно просушивается и сверху помещается капля  $\text{HCl}$  (1 : 1), в которую затем вводят кристаллы  $\text{KJ}$  и  $\text{CsCl}_2$ ; в случае присутствия сурьмы выпадают красные кристаллы комплексной соли хлористого цезия, иодистого калия и сурьмы.

### **Теллур**

Минерал растворяется  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) 2 мин., переносим каплю на фильтровальную бумагу, затем накладываем на это место водный 10-%ный раствор хлористого цезия, а потом каплю  $\text{HCl}$  конц. Кругом капли обводим пипеткой с иодистым калием. Черная окраска кольца указывает на присутствие  $\text{Te}$ . Если минерал растворяется в  $\text{HCl}$ , то в качестве растворителя применяется  $\text{HCl}$ . В этом случае в дальнейшем  $\text{HCl}$  прибавлять не надо.

### **Титан**

Порошок минерала сплавляется в ушке платиновой проволочки с сухим  $\text{KOH}$  и растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 : 20) в фарфоровой чашечке. К раствору прибавляется несколько капель  $\text{H}_2\text{O}_2$ , в случае присутствия титана медленно появляется ясно выраженное желтое окрашивание раствора.

### **Уран**

Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1 : 1). Капля раствора переносится на фильтровальную бумагу, на поверхность образовавшегося пятна накладывают каплю  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ . В присутствии урана образуется коричневая окраска пятна, которая под действием 5%-ного  $\text{KOH}$ , переходит в желтую.

**Фосфор** (см. стр. 53, мышьяк).

### **Хром**

1. Порошок минерала в ушке платиновой проволоки сплавляется с  $\text{KOH}$ . Затем сплав растворяют в  $\text{H}_2\text{O}$ . Каплю раствора переносят на фильтровальную бумагу, на нее накладывают каплю 3%—10%-ной  $\text{H}_2\text{O}_2$ . После полного впитывания капли, обводят капилляром, наполненным бензидином, вокруг пятна на фильтровальной бумаге. В присутствии хрома образуется синее кольцо бензидиновой сини.

2. Сплав, полученный вышеописанным способом, растворяют в  $\text{HNO}_3$  (1 : 20). Каплю раствора переносят на фильтровальную бумагу и на поверхность последней помещают каплю 5%-ной  $\text{AgNO}_3$ . В присутствии хрома образуется кирпично-красная окраска.

3. Минерал сплавляют с фосфорной солью — образуется зеленый перл.

## Цинк

1. Минерал растворяется в  $\text{HNO}_3$  (1:1 или 1:20) или  $\text{HCl}$  конц., капля испытуемого раствора переносится на фильтровальную бумагу. В центр пятна помещают каплю 0,1%-ной  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; когда капля полностью впитается бумагой, обводят вокруг нее капилляром, наполненным ртутно-родановой солью. В случае присутствия цинка вокруг капли появляется сине-фиолетовое кольцо комплексной ртутно-родановой соли, меди и цинка.

2. Если минерал в кислотах не растворим (сфалерит, франклинит), порошок минерала растворяют в  $\text{HCl}$  конц. или царской водке, а дальше реакцию проводят, как указано для первого случая.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт показал, что предлагаемая нами таблица значительно облегчает и ускоряет работу минералога при определении полного минералогического анализа шлиха, так как условные обозначения запоминаются и таблица легко читается.

Наглядность таблицы позволяет сравнивать отдельные минералы, сходные между собой, как, например, сфен и монацит, которые легко определяются с помощью микрохимических реакций; апатит и топаз, различающиеся по твердости; шеелит и апатит — сфен и ставролит, отличающиеся по блеску, и т. д. Наглядность таблицы помогает исследователю при определении минералогического состава различных фракций.

Минералы, входящие в неэлектромагнитную тяжелую фракцию, являются наиболее трудно определяемыми в шлихах. На таблице можно видеть, какие именно минералы входят в эту фракцию, какими свойствами они обладают и какое из этих свойств может быть использовано для отличия одного минерала от другого, например, такие минералы, как циркон, касситерит и рутил.

Некоторые различия этих минералов в шлихах бывают очень сходны. Как видно на таблице, для циркона характерным является его способность люминесцировать, для касситерита — пленочная реакция, для рутила — микрохимическая реакция. Циркон и ксенотим — циркон люминесцирует, ксенотим не обладает этим свойством.

При определении прозрачных минералов рассматриваемой нами фракции, обладающих стекляннным блеском, большую помощь оказывает определение оптических свойств минералов, с помощью которых из очень большого числа минералов можно выделить небольшую группу изотропных минералов — флюорит, гранат, шпинель и т. д.

Ниже приведен список минералов в алфавитном порядке, где для каждого минерала указано его место в таблице.



## СПИСОК МИНЕРАЛОВ

Название минерала	Группы фракций	№ ряда	Место минерала в ряду	Стр. в тексте
1	2	3	4	5
Авгит	Б	II	8	19
Азурит	В	V	5	34
Аксинит	Б	IV	10	25
"	В	X	9	44
Актинолит	Б	II	11	20
"	В	X	2	20
Алмаз	В	IV	6	32
Ампангабеит	Б	III	6	22
"	В	III	4	30
Анатаз	В	VI	9	37
Андалузит	В	IX	6	41
Антимонит	В	II	6	28
Антофиллит	Б	IV	12	25
Апатит	В	IX	8	41
Арсенопирит	В	I	3	26
Аурипигмент	В	VII	4	39
Баделлеит	В	VI	4	36
Барит	В	IX	7	41
Бастнезит	В	V	4	34
Бенитоит	В	XI	8	45
Берилл	В	XII	7	48
Биотит	В	XII	11	49
Бисмутит	В	III	5	30
Бломстрандин—приорит	Б	II	3	18
Браннерит	Б	III	7	22
Браунит	В	III	3	30
Брукит	В	VII	2	38
Ванадинит	В	VI	7	37
Везувиан	Б	IV	8	24
"	В	XI	3	24
Висмут	В	I	8	27
Висмутин	В	II	7	29
Волластонит	В	IX	1	39
Вольфрамит	Б	I	2	15
Вульфенит	В	VI	6	36
Гамлинит	В	IX	3	40
Гадолинит	Б	IV	3	23
Галечит	В	II	8	29
Гематит	Б	I	1	15
Гессит	В	I	9	27
Гидроокислы железа	Б	I	7	17
Гиперстен	Б	II	7	19
"	В	XI	2	19
Гранат	Б	II	6	19
"	В	VIII	2	19
Графит	В	XII	1	46
Гюбнерит	В	III	6	31
Джалмаит	В	IV	3	32
Диаспор	В	XI	5	45
Диопсид	Б	IV	9	24
"	В	X	11	24
Железо	А	I	2	14

1	2	3	4	5
Золото	В	II	3	28
Ильменит	В	I	3	16
Кальцит	В	XII	10	49
Касситерит	В	VI	3	36
Кварц	В	XII	4	47
Кианит	В	XI	1	44
Киноварь	В	III	7	31
Клиноцоизит	В	XI	4	45
Кобальтин	В	I	4	26
Колумбит—танталит	В	I	4	16
Кордиерит	В	XII	6	47
Корунд	В	V	1	33
Ксенотим	В	IV	4	23
"	В	V	3	33
Лазулит	В	IX	5	70
Лейкоксен	В	III	8	31
Лепидолит	В	IX	9	42
Магнетит	А	I	4	15
Малахит	В	V	6	34
Медь	В	II	2	28
Молибденит	В	II	10	29
Монацит	В	IV	2	23
"	В	V	7	34
Мусковит	В	XII	9	48
Оливин	В	IV	11	25
"	В	X	7	25
Опал	В	XII	2	46
Ортит	В	IV	6	24
"	В	V	2	32
Осмистый иридий	В	I	2	26
Палладий	В	I	6	26
Перовскит	В	IV	5	32
Петцит	В	I	10	27
Пикотит	В	II	4	18
Пирит	В	I	5	26
Пирролюзит, псиломелан и др.	В	I	8	17
Пирохлор	В	II	5	18
"	В	IV	4	32
Пир: отин	А	I	3	15
Платина	А	I	1	14
"	В	I	7	27
Полевые шпаты	В	XII	5	47
Поликраз-эвксенит	В	III	2	20
Реальгар	В	VII	1	38
Роговая обманка	В	II	10	20
"	В	X	4	20
Ромеит	В	IV	2	32
Рутил	В	VII	3	38
Самарскит	В	II	1	17
Свинец	В	II	4	28
Серебро	В	II	1	27
Сидерит	В	XI	10	46
Силлиманит	В	X	5	43
Смитсонит	В	XI	9	46
Сперрилит	В	I	1	25
Сподумен	В	X	3	43
Ставролит	В	IV	7	24

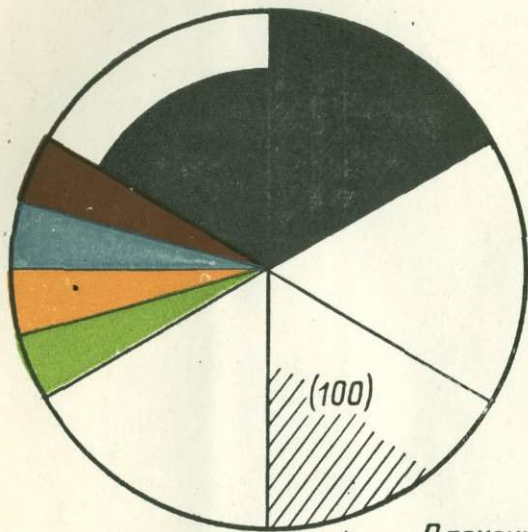
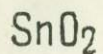


1	2	3	4	5
Ставролит	В	XI	7	24
Сфалерит	Б	III	5	21
Сфен	Б	III	4	21
"	В	VI	1	21
Торианит	В	III	2	30
Топаз	В	IX	2	40
Торолит	В	VI	8	37
Тремолит	В	IX	4	40
Торит	В	IV	1	31
Турмалян	Б	II	9	19
"	В	X	8	19
Уранинит	Б	III	3	21
"	В	III	1	29
Фаялит	В	XI	11	46
Фенакит	В	IX	10	42
Фергюсонит	Б	II	2	18
Флоренсит	В	X	6	43
Флюорит	В	VIII	1	39
Халькозин	В	II	9	29
Халькопирит	В	II	5	28
Хлопинит	Б	I	5	17
Хлориты	В	XII	8	48
Хризоберилл	В	XI	6	45
Хромит	А	I	5	15
"	Б	I	6	15
Церуссит	В	VI	2	35
Циркон	В	V	9	35
Цоизит	В	X	10	44
Шеелит	В	V	8	35
Штольцит	А	VI	5	36
Шпинель	Б	IV	1	22
"	В	VIII	3	22
Эвклаз	В	X	1	42
Энстатит	В	IX	11	42
Эпидот	Б	IV	5	23
Эшинит	Б	III	1	20
Янтарь	В	XII	3	47

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Копченова Е. В. Минералогический анализ шлихов. Госгеолыздат, 1951.
2. Чуева М. Н. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. Госгеолыздат, 1950.
3. Юшко С. А. Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете. Госгеолыздат, 1949.
4. Юшко С. А. Новые методы минералогического анализа окисленных руд. Госгеолыздат, 1953.

# Касситерит



Уд. в. 6,8-7,1  
Кален. дв.  
по (101)

Пленочная реакция  
Минерал подогреть на цинковой пластинке с конц. HCl. Образуется серебристая пленка, которая не растворяется в HCl, в отличие от церуссита и других минералов, покрывающихся аналогичной пленкой

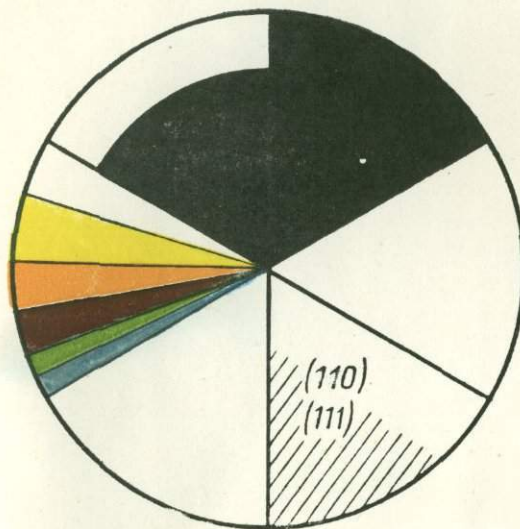
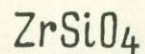
$N_g = 2,093$

$N_p = 1,997$

$N_g - N_p = 0,096$

✠ (↷) Ин. плеохр.

# Циркон



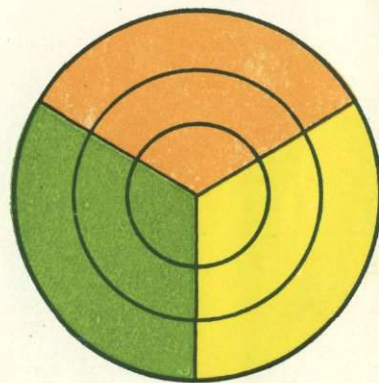
Уд. в. 4,68-4,70  
Чаще в виде одиночных, хорошей сохранности кристаллов

$N_g = 1,968-2,015$

$N_p = 1,923-1,960$

$N_g - N_p = 0,045-0,55$

✠ (↷) Ин. плеохр.





2 р. 85 к.

5541

## ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
13	5 снизу	6	7
Рисунки и таблица— циркон		$Ng - Np = 0,045 - 0,55$	$Ng - Np = 0,045 - 0,055$

В таблице в формулах вместо J надо читать Y в следующих минералах: хлопинит, самарскит, ферзюсонит, блонстрандин-приорит, поликраз-эвксенит, ампангабеит, эшинит, гадолинит, ксенотим.