

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 548.2+548.5 1.549.01:553 (073)

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *М.А. Иванов*. СПб., 2021. 38 с.

В методических указаниях описано содержание лабораторных работ по минералогии, выполнение которых предусмотрено рабочей учебной программой дисциплины «Кристаллография, минералогия» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология» следующих специализаций: «Прикладная геохимия, минералогия, петрология», «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых», «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания», «Геология нефти и газа». В «Указаниях» также содержатся список минералов, предусмотренных учебной программой, и рекомендации по подготовке к выполнению лабораторных работ во время, отведенное студентам для самостоятельной работы по данной дисциплине.

Научный редактор член-корр. РАН, проф. *Ю.Б. Марин*

Рецензент доц.*А.А. Золотарев* (Санкт-Петербургский государственный университет)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Исходный материал для лабораторных работ.....	6
2. Подготовка к лабораторным работам	7
3. Рекомендации к составлению конспекта свойств минералов	8
4. Темы и содержание лабораторных работ.....	11
5. Практические рекомендации	13
Заключение	18
Рекомендуемая литература	19
Приложение 1. Форма заполнения конспекта свойств минералов.....	20
Приложение 2. Систематика минеральных видов.....	23
Приложение 3. Важнейшие диагностические реакции на некоторые химические элементы.....	38

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по минералогии учат тому, что должен уметь делать каждый геолог: определять минералы, выявлять признаки зарождения, роста и изменения минеральных индивидов, давать обоснованное заключение о их происхождении и практической ценности. Данные методические указания составлены в помощь тем студентам, которые хотят этому научиться. Если с этой целью они готовы терпеливо изучать минералогические коллекции и внимать объяснениям преподавателя, то желаемый результат вскоре обязательно будет достигнут.

Следует помнить, что в процессе выполнения лабораторных работ закрепляется материал лекций, развиваются наблюдательность и умение вырабатывать обоснованные суждения о природе и ценности минералов. Это очень важно, так как именно с наблюдений и раздумий над камнем начинаются исследования, без которых геологу невозможно обойтись в практической научной и производственной деятельности.

В настоящее время открыто около 5,2 тыс. минеральных видов. В большинстве – это минералы редкие, содержащиеся в горных породах и рудах в весьма малых количествах, причем в виде мельчайших кристаллов. Визуально в лабораторных, а тем более в полевых условиях, определить такие минералы не удастся даже опытному минералогу. Для этого требуется знать их химический состав и параметры кристаллической решетки, что можно выяснить лишь с помощью лабораторных методов исследования. Варианты решения таких диагностических задач предстоит рассмотреть позднее в дисциплине «Современные методы исследования минералов, горных пород и руд» на старших курсах обучения в институте.

Поэтому в учебную программу данной дисциплины включены только те минералы, с которыми геолог сталкивается постоянно при изучении горных пород, рудных тел и осадков. С задачей по их диагностике он может встретиться всякий раз, когда или в маршруте поднимает с земли камень, или геологическим молотком отбивает каменный образец со стенки горной выработки, или разбирает ка-

менные коллекции. Невозможно перечислить ситуации, в которых геолог склоняется над камнем с вопросом: «Что это такое?»

От того, насколько точно будут определены минералы, нередко зависит оперативное решение важных профессиональных задач, прямо или косвенно связанных с открытием месторождений полезных ископаемых. Именно поэтому на занятиях по минералогии очень важно учиться диагностировать минералы визуально, используя средства и приемы, доступные в полевых экспедиционных условиях.

В методических указаниях приводится план и порядок выполнения лабораторных работ, излагаются требования к оформлению их результатов. В конце текста можно видеть список основной методической и справочной литературы, которой рекомендуется пользоваться.

В приложениях к тексту представлен образец заполнения специального конспекта свойств минералов и приводится список программных минералов. В их кристаллохимических формулах структурные позиции атомных групп и комплексов указаны следующими скобками: [] - островная; | | - цепочечная; < > - слоистая; { } – каркасная. Такие обозначения в свое время были предложены профессором Д.П. Григорьевым для лучшего освоения студентами учебного материала.

1. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Исходным материалом для лабораторных работ служат учебные коллекции минералов. Большинство экспонатов этих коллекций представляют собой типичные образцы минералов в виде отдельных кристаллов и их сростков – агрегатов. Также представлены важнейшие парагенезисы минералов. Некоторые образцы представляют собой редкие, и потому ценные минералогические находки. Коллекции ежегодно пополняются из личных собраний преподавателей и студентов, а также минералогических фондов Горного музея.

Лабораторные работы рассчитаны на использование коллекций двух видов: а) *эталонных*, в которых каждый образец сопровождается специальной этикеткой, содержащей сведения о названии, химическом составе, парагенезисе и геологических условиях образования минералов; б) *рабочих*, представленных образцами минералов без описания. В тех и других коллекциях минералы систематизированы по типам, классам и подклассам в соответствии с излагаемой на лекциях минералогической классификацией.

В работе с коллекциями следует помнить, что они собирались долгое время, в течение многих десятилетий и поэтому к ним надо относиться бережно и соблюдать следующие правила:

1. Эталонные коллекции предназначены для знакомства с минералами только по их внешним признакам. Образцы из таких коллекций можно брать в руки, рассматривать под лупой и микроскопом.

2. Образцы эталонных коллекций нельзя раскалывать, определять их твердость, брать черту, испытывать химическими реактивами. В противном случае они быстро утратят свой первоначальный вид и потеряют коллекционные качества.

3. Образцы из рабочих коллекций, наоборот, предназначены для практических испытаний. Для определения физических и химических свойств минералов от них даже можно откалывать небольшие кусочки.

2. ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Перед тем, как приступать к лабораторным работам, необходимо освоить материал лекций, проработать соответствующие разделы учебника и другой рекомендованной литературы. Опыт многих поколений студентов (начиная с XIX века) показывает, что для быстрого освоения практической минералогии лучше всего вести специальный *конспект свойств минералов*, в который по определенной форме выписываются из учебников, справочников и конспектов лекций важнейшие морфологические, физические и другие характеристики минеральных видов. В нашем университете традиционно составление таких конспектов для занятий по минералогии являются для студентов делом **обязательным**.

Конспект свойств минералов (приложение 1) составляется каждым студентом самостоятельно для себя – дома или в читальном зале библиотеки. В нем должны содержаться сведения о составе, физических и химических свойствах, условиях образования и практическом значении важнейших минеральных видов, входящих в программу курса. Конспект должен пополняться информацией, получаемой во время лекций и лабораторных занятий, а также данными из научной литературы, которая рекомендована для изучения в качестве дополнительной.

Важно помнить, что те затраты времени, которые требуются на составление такого конспекта, довольно быстро окупятся освоением большого объема минералогической информации. Опыт многих поколений выпускников университета показывает, что значительно труднее такой результат достигается без составления такого конспекта. Дело в том, что при конспектировании учебной литературы активизируются мышление и все виды памяти: зрительной, логической, моторной, ассоциативной. Особая роль отводится наглядности конспектируемых признаков минералов, которая обеспечивается процессом перерисовывания структурных схем, кристаллов, двойников и других графических приложений. Немаловажное значение имеют также зарисовки и описания отдельных фактов, которые выясняются на лабораторных занятиях при изучении отдельных образцов горных пород и руд.

Так что работа над конспектом свойств минералов в конечном итоге приводит к составлению краткого справочника по основным пороодообразующим и рудным минералам. Практика показывает, что многие студенты используют такой конспект также на занятиях по петрографии, геохимии, геологии месторождений полезных ископаемых. Некоторые не расстаются с ним и после окончания учебы в университете.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ КОНСПЕКТА СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ

Конспект составляется на развернутых листах общей тетради и имеет форму таблицы (приложение 2). Краткие сведения о минералах заносятся в соответствующие графы, причем на одном листе описывается не более двух-трех минералов. Зарисовки иногда удобнее выполнять на отдельных небольших листах кальки, вклеивая их в конспект.

В **1-й** графе приводится **название минерала и его кристаллохимическая формула**. После лекции, на которой рассматривается данный минерал, формула может быть откорректирована. Здесь же указываются изоморфные примеси, имеющие практическое значение или ощутимо влияющие на свойства минерала. В некоторых случаях следует приводить данные о механических (минеральных) примесях, представляющих значительный практический интерес (например, золото в пирите).

Во **2-й** графе приводится **характеристика структуры минерала и связей между слагающими его частицами**. Информация о структуре и связях должна быть краткой, без указания деталей в расположении частиц и расстояний между ними, в то же время приводимые сведения должны обеспечивать понимание морфологических особенностей и свойств минералов. В необходимых случаях указывается наличие полиморфов минералов, их связь с условиями образования. Особое внимание уделяется дефектным центрам в структурах, имеющим примесную природу и влияющим на физические свойства минералов.

3-я графа посвящена **морфологии минералов и их агрегатов**. Она заполняется в первую очередь выполненными «от руки» зарисовками кристаллов. В подписи указывается сингония минерала, характерные облик и габитус. Приводятся наиболее характерные и распространенные двойники и агрегаты. Так, в зарисовках должны найти отражение коленчатые двойники касситерита и рутила, полисинтетические двойники плагиоклазов и т.п. Так как виды минеральных агрегатов могут существенно меняться в зависимости от условий образования, в конспект включаются только некоторые из них, причем наиболее типичные (например, зернистые агрегаты апатита, почковидные формы смитсонита и гётита, параллельно-волоконистые прожилковые выделения хризотил-асбеста и другие).

Наиболее обширная часть конспекта отводится изложению физических и химических свойств минералов (графы 4–12).

При описании **цвета** указывается основная окраска минерала, а иные цвета и оттенки фиксируются как признаки минеральных разновидностей. Цвета вторичных минеральных пленок на поверхности индивидов (побежалость) могут служить важным диагностическим признаком.

В графе 5 (4) необходимо указать границы изменчивости цвета порошка минерала (**черты** на фарфоровом бисквите) и, по возможности, причины изменчивости, изменение цвета черты при ее растирании другим фарфоровым бисквитом.

В 6-й (5-й) графе **блеск** минералов следует указывать по общепринятой шкале (металлический, полуметаллический, алмазный, стеклянный, восковой), применяя в некоторых случаях дополнительные характеристики для индивидов (смоляной, перламутровый, жирный) и агрегатов (матовый, шелковистый).

В графе 7 (6) приводятся данные о **спайности** минералов с оценкой степени ее совершенства по принятой шкале (весьма совершенная, совершенная, средняя, несовершенная и весьма несовершенная), указывается **число плоскостей спайности и их ориентировка**, иногда их соответствие граням простой кристаллографической формы. В конспекте следует избегать записей "спайность отсутствует", заменяя подобные фразы некоторых устаревших учебников и справочников действительным указанием на несовершенство

во спайности. Аналогично вместо "заметной" или "ясной" следует указывать среднюю спайность.

Заполнение граф 8 и 9 дополнительных пояснений не требуется. При описании прочих физических свойств минералов в графе 10 следует отметить особенности их проявлений. Например, только моноклинный пирротин проявляет магнитные свойства, а при наличии примеси молибдена свечение шеелита меняется с голубовато-белого на желтое.

В графах 11 и 12 отмечаются **химические свойства** минералов, особое внимание уделяется реакциям взаимодействия минералов с различными химическими реагентами, которые могут использоваться как диагностические. При этом следует помнить, что диагностические реакции должны быть достаточно выразительны по конечным продуктам и не могут допускать неопределенности в интерпретации. Некоторые из них указаны (приложение 3).

В графе 13 указываются **геологические процессы**, при которых образуется минерал, а в необходимых случаях также и **физико-химические параметры среды образования** (диапазон температуры, давления, состава среды). Приводятся минеральные парагенезисы, включающие описываемый минерал. Упомянуты важнейшие минералы – спутники. В отдельных случаях в их числе могут указываться и редкие минералы. Особенно те, которые имеют важное промышленное значение.

В графе 14 следует указать **продукты изменения минералов**, возникшие в результате как поверхностных (экзогенных), так и глубинных (эндогенных) процессов преобразования. Например, важно отмечать, что при гидротермальных изменениях роговая обманка метасоматически замещается хлоритом, а при выветривании на поверхности – нонтронитом. В связи с этим в конспекте не должно быть простого перечисления вторичных минералов: они должны быть увязаны с определенными природными процессами.

В графе 15 в первую очередь отмечается значение минерала для промышленности, сельского хозяйства, науки и техники. В других случаях минерал может представлять интерес как поисковый или оценочный признак, как важный породообразующий минерал.

В графе 16 "**Примечания**" может быть указана распространенность минерала в природе, наличие разновидностей, сведения исторического характера и другие, не вошедшие в предыдущие разделы конспекта.

При составлении конспекта целесообразно придерживаться изложенной на лекциях систематики минералов (приложение 2), а также использовать упрощенные диагностические таблицы, которые хотя и не дают нужного представления о причинно-следственных связях конституции, морфологии, свойств и условий образования минералов, но могут облегчить начинающему минералогу решение диагностических задач.

По мере освоения материала лекций и учебников в конспекте желательно выделять (лучше красным карандашом) самое важное, что следует учитывать при диагностике и дальнейшем изучении минералов. Лучше это делать в диалоге с преподавателем.

4. ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1

Определение диагностических признаков минералов

Цель работы: научиться выявлять особенности морфологии, главнейшие физические и химические свойства минералов.

Исходный материал: образцы рабочей минералогической коллекции.

Решаемые задачи: характеристика морфологии минеральных индивидов (облик, габитус, сингония), типов минеральных агрегатов; определение физических (цвет, цвет черты, блеск, спайность, твердость, хрупкость-ковкость, магнитность и др.), химических (растворимость в кислотах и основаниях) и особых свойств минералов.

Объем работы: не менее 5 минералов за одно занятие.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов на кафедре и в Горном музее (зал № 2), наборы шкал твердости, блеска, цвета минералов, оптические биноклярные микроскопы, минералогические лупы 6-ти кратного уве-

личения, наборы химической посуды и химических реактивов, место для химических испытаний – вытяжной шкаф.

Порядок выполнения работы:

- в начале занятия получить коробку с пятью образцами минералов;
- поочередно для каждого минерала определить и записать в рабочую тетрадь диагностические признаки;
- представить преподавателю результаты для проверки.

Форма представления результатов: устный отчет с демонстрацией определяемых признаков непосредственно на образцах минералов.

Лабораторная работа № 2

Диагностика простых веществ, сульфидов и их аналогов

Цель работы: научиться диагностировать минералы, относящиеся к простым веществам, сульфидам и их аналогам.

Исходный материал: образцы эталонной и рабочей минералогической коллекции.

Решаемая задача: визуальная диагностика минералов в образцах.

Объем работы: не менее 10 минералов за одно занятие.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов на кафедре и в Горном музее (зал № 3), наборы шкал твердости, блеска, цвета минералов, оптические биноклярные микроскопы, минералогические лупы 6-ти кратного увеличения, наборы химической посуды и химических реактивов, место для химических испытаний – вытяжной шкаф.

Порядок выполнения работы:

- первое занятие посвящается изучению эталонной коллекции минералов, относящихся к простым веществам, сульфидам и их аналогам;
- студент в начале каждого последующего занятия получает коробку с пятью образцами минералов, горных пород и руд;
- поочередно для каждого минерала определяет и записывает в рабочую тетрадь диагностические признаки минералов;

- с помощью заранее составленного конспекта свойств минералов диагностирует минералы, характеризует минеральные парагенезисы, вторичные изменения минералов;
- определяет онтогенические признаки минералов;
- в конце занятия представляет результаты проделанной работы.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией диагностических признаков минералов непосредственно на образцах, характеристикой парагенезисов, вторичных изменений минералов, выводами об особенностях онтогенеза и геологических условиях образования и практической ценности минералов.

По аналогичному плану выполняются следующие лабораторные работы:

Лабораторная работа № 3

Диагностика оксидов и гидрооксидов

Лабораторная работа № 4

Диагностика островных силикатов

Лабораторная работа № 5

Диагностика цепочечных, слоистых и каркасных силикатов

Лабораторная работа № 6

Диагностика минералов группы солей

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Перед тем, как приступить к лабораторным занятиям, необходимо составить конспект свойств изучаемого класса минералов. При выполнении лабораторных работ рекомендуется соблюдать следующие условия:

- самостоятельно ознакомиться с экспозициями кафедры и Горного музея, в которых представлены образцы минералов изучаемого класса;
- желательно пользоваться на лабораторных занятиях личными оптическими лупами (лучше всего с увеличением 6^x) и инструментами, предназначенными для препарирования минералов – стальными иголками, штихелями и другими.

Порядок работы при диагностике минералов

1. Сначала надо внимательно рассмотреть образец и определить число содержащихся в нем минералов, наметить последовательность их диагностики по принципу «от простого к сложному».

2. Затем следует определить и зафиксировать в рабочей тетради важнейшие диагностические признаки выбранного минерала в той последовательности, в какой охарактеризованы минералы в

конспекте свойств:

- морфология (облик и габитус кристаллов, тип минерального агрегата);
- цвет кристаллов и агрегатов, цвет черты;
- блеск;
- твердость (по шкале Мооса);
- хрупкость – ковкость (пластичность);
- спайность: а) совершенство; б) число плоскостей; в) кристаллографическая ориентировка плоскостей или величина углов между плоскостями спайности;
- плотность (в случаях, когда образец представлен преимущественно одним минералом);
- особые свойства: магнитность, радиоактивность, люминесценция и др.

3. После того, как все перечисленные выше признаки определены, становится возможным определить минерал путем сопоставления его признаков с теми, что представлены в **конспекте свойств минералов и в учебниках**.

4. Надо обязательно проверить правильность диагностики, для чего выясняются химические свойства диагностируемого мине-

рала (его растворимость в кислотах или других реактивах и т.п.), проводятся качественные химические реакции на отдельные виды химических элементов (реакция на олово – «оловянное зеркало», никель – с диметилглиоксимом, серебро – с HNO_3 и HCl и др.).

5. Важно убедиться, что выбранный вариант диагностики подтверждается парагенезисом данного минерала и наличием в нем типичных вторичных изменений.

6. Только после положительных результатов проверки (в соответствии с п. 4 и 5) минерал относят окончательно к тому или иному минеральному виду, к той или иной разновидности, выделяемой по особенностям морфологии, составу, структуре или свойствам.

Форма представления результатов выполнения лабораторной работы

Результаты работы фиксируются в рабочей тетради, представляются преподавателю и сопровождаются устным отчетом. В записях и при отчете указываются только те из признаков, которые отнесены к главным диагностическим.

Рекомендуется придерживаться следующей примерной формы записей результатов выполнения лабораторных работ.

Образец № 3.

Крупнокристаллический агрегат двух минералов

Минералы:

1. **ГАЛЕНИТ** – PbS . Кристаллы величиной 0,5-1,0 см.

- Облик кристаллов – изометрический.
- Цвет – свинцово-серый.
- Черта – свинцово-серая, блестящая.
- Блеск – металлический.
- Твердость – 3, слабо ковкий.

- Спайность – совершенная, три системы плоскостей, ориентированных взаимно перпендикулярно. Заметна отдельность по октаэдру.

2. **СФАЛЕРИТ** (марматит) – $(\text{Zn,Fe})\text{S}$. *Одиночные зерна (5-7 мм в поперечнике), сростающиеся с галенитом.*

- Облик кристаллов – изометрический.
- Цвет – темно-коричневый.
- Черта – светло-бурая, матовая.
- Блеск – алмазный.
- Твердость – 3-4.
- Спайность – совершенная, несколько систем плоскостей, ориентированных под тупым углом друг к другу.
- Под действием разбавленной HCl мгновенно распространяется запах сероводорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Образец состоит из двух минералов: галенита и сфалерита. Судя по проявленной в кристаллах галенита октаэдрической отдельности, в этом минерале следует ожидать повышенные содержания изоморфной примеси серебра. Темно-коричневый цвет сфалерита свидетельствует о повышенном содержании в этом минерале изоморфной примеси железа. Образование минералов - гидротермальное. Образец представляет собой ценную в практическом отношении цинково-свинцовую руду, в которой кроме свинца и цинка могут содержаться также серебро, золото (в галените), кадмий (в сфалерите).

Образец № 2.

Обломок крупнокристаллического агрегата.

Минералы:

1. **ГРАНАТ (андрадит)** – $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$. *Представлен сростком идиоморфных кристаллов ромбододекаэдрического габитуса, образующих друзу.*

- Габитус кристаллов – ромбододекаэдрический.
- Цвет – темно-коричнево-красный.
- Блеск – стеклянный.
- Твердость 7.
- Спайность весьма несовершенная.
- Характерная для андрадита ассоциация с эпидотом и кальцитом.

2. **ЭПИДОТ** – $\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Fe})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$. Представлен агрегатами игольчатых кристаллов, нарастающих на грани кристаллов андрадита в виде друз.

- Облик кристаллов – удлиненный, игольчатый.
- Цвет – темно-фиолетово-зеленый.
- Блеск – стеклянный.
- Твердость – 6.
- Спайность – наблюдается одна плоскость совершенной вдоль удлинения.
- Характерна ассоциация с андрадитом и кальцитом.

3. **КАЛЬЦИТ** – $\text{Ca}[\text{CO}_3]$. В виде одиночных кристаллов нарастает на андрадит и эпидот.

- Габитус кристаллов – ромбоэдрический.
- Белый, участками бесцветный.
- Три системы плоскостей совершенной спайности по ромбоэдру.
- «Вскипает» под каплей холодной разбавленной HCl .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном образце наблюдается ассоциация минералов, образовавшихся в полости (пустоте). Кристаллизация андрадита сменилась кристаллизацией более низкотемпературных эпидота и кальцита. Перечисленные минералы характерны для скарнов, в которых они образуются в зонах контакта магматических (преиму-

щественно кислых) и карбонатных (известковых) пород, где при участии гидротермальных растворов создаются высокие концентрации Ca, Fe, Al и Si.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабораторные работы по минералогии – это уроки наблюдений и генетического анализа. Практическая работа с минералогическими коллекциями только и может определить успех в развитии способностей диагностировать и изучать минералы. Начинающим эту работу можно посоветовать следующее:

- составляйте хороший конспект свойств минералов – время на его составление окупится знаниями;
- читайте про минералы, одновременно просматривая их образцы, выставленные в учебных коллекциях и в экспозициях Горного музея;
- не останавливайтесь на запоминании информации о минералах - составляйте собственные суждения о предмете исследования; обосновывайте, доказывайте свои выводы;
- научитесь пользоваться минералогической терминологией, для чего читайте учебную литературу внимательно, почаще обращайтесь к геологическим и минералогическим словарям, постоянно следите во время ответов за правильностью своей речи.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Булах А.Г.* Общая минералогия. СПб.: Изд. С.-Петербургского государственного университета. СПб, 2008. 356 с.
2. *Бетехтин А.Г.* Курс минералогии (2-е изд.). М.: КДУ, 2008.
3. *Кривовичев В.Г.* Минералогический словарь. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2008.

Дополнительная

1. *Годовиков А.А.* Минералогия. М.: Недра, 1983.
2. *Григорьев Д.П., Жабин А.Г.* Онтогенез минералов. М.: Наука. 1974.
3. *Лазаренко Е.К.* Курс минералогии. 2-е изд. М.: Высшая школа. 1971.
4. *Попов Г.М., Шафрановский И.И.* Кристаллография. М.: Высшая школа. 1972.
5. *Флейшер М.* Словарь минеральных видов. М.: МИР, 1990.
6. *Шаскольская М.П.* Кристаллография. М.: Высшая школа. 1976.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Форма заполнения конспекта свойств минералов

Название, кристаллохимическая формула, примеси	Структура, типы связей	Морфология индивидуальных (сингония, габитусные формы, облик, главные двойники), агрегаты	Физические свойства						Магнитные, радиоактивные и другие физические свойства
			Цвет, прозрачность	Цвет черты	Блеск	Спайность, отслаивность	Твердость	Плотность	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ШИРИТ FeS₂ Изоморфные примеси: Co, Ni, Au, Ag. <i>Минеральные примеси:</i> дисперсные включения золота	Островная. Донорно-акцепторная.	Кубическая синг. Габитус: куб {100}, октаэдр {111}, пентагон-додекаэдр {210} и их комбинации. Облик: изометрический. Часто комбинационная штриховка на гранях куба.	Соломенно-желтый с бурыми, иногда радужными пленками	Зеленовато-черная	Металлический	Безна	6-6,5 6,5	4,9-5,2	Термоэлектрические свойства, слабо проводит электричество
3,5 см	1,5 см	3,5 см	1,5 см	1 см	1 см	1 см	1 см	1 см	1 см

Примечание: В конце каждого столбца указана его рекомендуемая ширина в общей тетради.

Окончание приложения 1

Химические свойства		Геологические процессы образования и парагенезисы	Продукты изменения	Практическое значение	Сходные минералы и др. примечания
Растворимость, разлагаемость	Диагностические реакции и другие химические свойства				
11	12	13	14	15	16
<p>Растворяется в HNO_3, раствор окрашивается в желтый цвет благодаря возникновению соединений железа.</p>	<p>Дает реакцию на серу (реакция на «серную печень»), выполняемая с помощью паяльной трубки). При прокаливании в восстановительном пламени дает магнитный шлак, представляющий собой агрегат кристаллов магнетита.</p>	<p>Может образовываться в разных условиях: а) эндогенных - в гидротермальных рудных жилах с кварцем, галенитом, сфалеритом и другими сульфидами, также карбонатами и баритом; б) <i>колчеданных рудах</i> с пирротином, халькопиритом, галенитом, блеклой рудой, сфалеритом, золотом; в) <i>скарнах</i> с халькопиритом, диопсидом, гранатом, магнетитом; в метаморфических сланцах с кварцем и золотом; б) экзогенных - в осадочных породах в виде крапленников и конкреций с сидеритом, баритом и опалом; составляет псевдоморфозы по органическим остаткам.</p>	<p>Гётит - результат экзогенного преобразования в агрегат бурого железняка</p>	<p>Сырье для получения H_2SO_4. Может служить промышленно-ценным источником Au и Co.</p>	<p>Сходен по цвету, блеску и твердости на маркигит. Отличается от него формой кристаллов. Мельничковит - черная сажастая скрытокристаллическая масса.</p>
1,5 см	1,5 см	6,5 см	2,5 см	2,5 см	1,5 см

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СИСТЕМАТИКА МИНЕРАЛЬНЫХ ВИДОВ

Тип I. ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Класс 1. Металлы

Группа меди

1. Медь	Cu
2. Серебро	Ag
3. Золото	Au

Группа платины

4. Платина	Pt
5. Осмий	Os
6. Иридий	Ir
7. Палладий	Pd

Класс 2. Полуметаллы

Группа мышьяка

8. Мышьяк	As
9. Висмут	Bi

Класс 3. Неметаллы

10. Сера-α	S ромб.
------------	---------

Группа углерода

11. Графит –2H	C гекс
12. Графит-3R	C триг.
13. Алмаз	C куб.

Примечание: Наклонным шрифтом указаны редкие минералы, которые не обязательно включать в конспект свойств минералов. Кристаллохимические формулы некоторых минералов упрощены.

Класс 4. Интерметаллиды

14. Изоферроплатина	Pt ₃ Fe
15. <i>Тетраферроплатина</i>	PtFe
16. <i>Ферроникельплатина</i>	Pt ₂ FeNi

Тип II. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СУЛЬФИДЫ) И ИХ АНАЛОГИ

Класс 1. Простые сульфиды

Подкласс 1 (координационной структуры)

17. Халькозин	Cu ₂ S
18. Аргентит	Ag ₂ S куб.
19. <i>Акантит</i>	Ag ₂ S мон.
20. Галенит	PbS
21. Сфалерит	ZnS куб.
22. <i>Вюртцит</i>	ZnS гекс.
23. <i>Троилит</i>	FeS
24. Пирротин	Fe _{1-x} S
25. Никелин	NiAs

Подкласс 2 (цепочечной структуры)

26. Киноварь	HgS
27. Стилбит	Sb ₂ S ₃
28. Висмутин	Bi ₂ S ₃

Подкласс 3 (слоистой структуры)

29. Молибденит 2H	MoS ₂ гекс.
30. <i>Молибденит 3R</i>	MoS ₂ триг.
31. Аурипигмент	As ₄ S ₆

Подкласс 4 (островной структуры)

32. Реальгар	As ₄ S ₄
--------------	--------------------------------

Класс 2. Сложные сульфиды

Подкласс 1 (координационной структуры)

33. Пентландит	$\text{Fe}_5\text{Ni}_4\text{S}_8$
34. Халькопирит	CuFeS_2
35. Талнахит	$\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$
36. Борнит	Cu_5FeS_4
37. Станнин	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$

Подкласс 2 (слоистой структуры)

38. Ковеллин	$\text{Cu}^+\text{Cu}^{2+}\text{S} [\text{S}_2]$
--------------	--

Класс 3. Сульфосоли

Подкласс 1 (островной структуры)

Группа тетраэдрита (блеклых руд)

39. Тетраэдрит	$\text{Cu}_{12}[\text{SbS}_3]_4\text{S}$
40. Теннантит	$\text{Cu}_{12}[\text{AsS}_3]_4\text{S}$

Группа прустита (красных серебряных руд)

41. Прустит	$\text{Ag}_3[\text{AsS}_3]$
42. Пираргирит	$\text{Ag}_3[\text{SbS}_3]$
43. Энаргит	$\text{Cu}_3[\text{AsS}_4]$

Подкласс 2 (цепочечной структуры)

44. Джемсонит	$\text{Pb}_4\text{Fe} \text{Sb}_3\text{S}_7 _2$
45. Буланжерит	$\text{Pb}_5 \text{Sb}_2\text{S}_4 _2\text{S}_3$

Класс 4. Персульфиды и их аналоги (островной структуры)

Группа пирита

46. Пирит	$\text{Fe}[\text{S}_2]$ куб.
-----------	------------------------------

47. Кобальтин Co[AsS]

Группа марказита

48. Марказит $\text{Fe[S}_2\text{]}$ ромб.

49. Арсенопирит Fe[AsS]

50. Лёллингит $\text{Fe[As}_2\text{]}$

51. Раммельсбергит $\text{Ni[As}_2\text{]}$

52. Сафлорит $\text{Co[As}_2\text{]}$

Группа скуттерудита

53. Скуттерудит $\text{Co}_4\text{[As}_4\text{]}_3$

54. Никельскуттерудит $\text{Ni}_4\text{[As}_4\text{]}_3$

Тип III. КИСЛОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Класс 1. Простые оксиды

55. Куприт Cu_2O

Группа корунда

56. Корунд Al_2O_3

57. Гематит Fe_2O_3

58. Уранинит UO_{2+x}

Группа кварца

59. Кварц- α SiO_2 триг.

60. Кварц- β SiO_2 гекс.

61. Тридимит- α SiO_2 ромб.

62. Тридимит- β SiO_2 гекс.

63. Кристобалит- α SiO_2 тетр.

64. Кристобалит- β SiO_2 куб.

65. Стишовит SiO_2 тетр.

66. Коэсит SiO_2 мон.

Группа рутила

67. Рутил	TiO ₂ тетр.
68. Анагаз	TiO ₂ тетр.
69. Брукит	TiO ₂ ромб.
70. Касситерит	SnO ₂
71. Пирролюзит	MnO ₂ тетр.
72. Рамсдемит	MnO ₂ ромб.

Класс 2. Сложные оксиды

Группа шпинели

73. Шпинель	MgAl ₂ O ₄
74. Герцинит	FeAl ₂ O ₄
75. Хромит	FeCr ₂ O ₄
76. Магнетит	Fe ²⁺ Fe ₂ ³⁺ O ₄
77. Ильменит	FeTiO ₃
78. Перовскит	CaTiO ₃
79. Хризоберилл	BeAl ₂ O ₄

Группа пирохлора

80. Пирохлор	NaCaNb ₂ O ₆ (F, OH)
81. Микролит	NaCaTa ₂ O ₆ (F, OH)

Группа колумбита

82. Колумбит-Fe	(Fe, Mn)Nb ₂ O ₆
83. Танталит-Fe	(Fe, Mn)Ta ₂ O ₆
84. Колумбит-Mn	(Mn, Fe) Nb ₂ O ₆
85. Танталит-Mn	(Mn, Fe)Ta ₂ O ₆
86. Самарскит	YNbO ₄

Группа вольфрамита

87. Гюбнерит	MnWO ₄
88. Ферберит	FeWO ₄

Класс 3. Гидрооксиды

89. Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Группа гидрооксидов алюминия

90. Гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$
91. Бёмит $\text{AlO}(\text{OH})$
92. Диаспор HAlO_2

Группа гидрооксидов железа

93. Гётит HFeO_2
94. Лепидокрокит $\text{FeO}(\text{OH})$

Группа гидрооксидов марганца

95. Пирохроит $\text{Mn}(\text{OH})_2$
96. Манганит $\text{MnO}(\text{OH})$
97. Асболан
 $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Mn}_2\text{O}_4(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Класс 4. Силикаты и их аналоги

Подкласс 1. (островной структуры)

Группа оливина

98. Форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$
99. Фаялит $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$
100. Тефроит $\text{Mn}_2[\text{SiO}_4]$
101. Монтичеллит $\text{CaMg}[\text{SiO}_4]$
102. Фенакит $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$

Группа циркона

103. Циркон $\text{Zr}_2[\text{SiO}_4]$
104. Торит $\text{Th}[\text{SiO}_4]$
105. Коффинит $\text{U}[\text{SiO}_4]$

Группа граната

(П и р а л ь с п и т ы)

106. Пироп	$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$
107. Альмандин	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
108. Спессартин	$Mn_3Al_2[SiO_4]_3$

(У г р а н д и т ы)

109. Андрадит	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$
110. Гроссуляк	$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$
111. Уваровит	$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$
112. Шорломит	$Ca_3 Ti_2[(Fe^{3+}_2Si)O_{12}]$

Группа гумита

113. Хондродит	$Mg_5[SiO_4]_2 F_2$
114. Гумит	$Mg_7[SiO_4]_3 F_2$
115. Клиногумит	$Mg_9[SiO_4]_4 F_2$

Группа кианита (дистена)

116. Кианит (дистен)	$Al_2[SiO_4]O$
117. Андалузит	$AlAl[SiO_4]O$
118. Силлиманит	$Al AlSiO_5 $
119. Ставролит	$FeAl_4[SiO_4]_2O_2(OH)_2$
120. Топаз	$Al_2[SiO_4]F_2$
121. Титанит (сфен)	$CaTi[SiO_4]O$
122. Везувиан	$Ca_{19}Al_{10}Mg_3[SiO_4]_{10}[Si_2O_7]_4(OH,F)_{10}$
123. Хлоритоид	$FeAl_2[SiO_4]O(OH)_2$

Группа эпидота

124. Цоизит	$Ca_2Al_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$ ромб.
125. Клиноцоизит	$Ca_2Al_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$ мон.
126. Эпидот	$Ca_2Al_2Fe[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$
127. Алланит-Се	$(CaCe)(Al_2Fe) [SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$
128. Берилл	$Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

129. Кордиерит $Mg_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$
 130. Диоптаз $Cu_6[Si_6O_{18}] \cdot 6H_2O$

Группа мелилита

131. Акерманит $Ca_2Mg[Si_2O_7]$
 132. Геленит $Ca_2Al[AlSiO_7]$
 133. Гемиморфит (каламин) $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$
 134. Лампрофиллит $Na_2Sr_2Ti_3[Si_2O_7]_2O_2F_2$

Группа турмалина

135. Дравит $NaMg_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
 136. Шерл $NaFe_3^{2+}Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
 137. Увит $CaMg_3(Al_5Mg)[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
 138. Эльбаит $Na(Li_{1,5}Al_{1,5})Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$
 139. Эвдиалит $Na_{12}Ca_6(Fe,Mn)_3Zr_3[Si_3O_9]_2[Si_9O_{24}(OH)_3]_2$
 140. Аксинит-(Fe) $Ca_4Fe_2Al_4[B_2Si_8O_{30}](OH)_2$

Подкласс 2. (цепочечной структуры)

Группа пироксенов

*Ромбические (ортопироксены)
(магнезиально-железистые)*

141. Энстатит $Mg_2 | Si_2O_6 |$
 142. Ферросилит $Fe_2 | Si_2O_6 |$

Моноклинные (клинопироксены)

а) магнезиально-железистые

143. Клиноэнстатит $Mg_2 | Si_2O_6 |$
 144. Клиноферросилит $Fe_2 | Si_2O_6 |$

б) кальциевые

145. Диопсид $CaMg | Si_2O_6 |$
 146. Геденбергит $CaFe | Si_2O_6 |$

в) натриевые

145. Жадеит	$\text{NaAl} \mid \text{Si}_2\text{O}_6 \mid$
146. Эгирин	$\text{NaFe} \mid \text{Si}_2\text{O}_6 \mid$

г) литиевые

147. Сподумен	$\text{LiAl} \mid \text{Si}_2\text{O}_6 \mid$
148. Волластонит	$\text{Ca}_3 \mid \text{Si}_3\text{O}_9 \mid$
149. Родонит	$\text{CaMn}_4 \mid \text{Si}_5\text{O}_{15} \mid$
150. Астрофиллит	$\text{KNa}_2\text{Fe}_5\text{Mn}_2\text{Ti}_2 \mid \text{Si}_4\text{O}_{12} \mid {}_2(\text{OH})_7$

Группа амфиболов

Ромбические

(магнезиально-железистые)

151. Антофиллит	$\text{KNa}_2\text{Fe}_5\text{Mn}_2\text{Ti}_2 \mid \text{Si}_8\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$
152. Фероантофиллит	$\text{Fe}_2\text{Fe}_5 \mid \text{Si}_8\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$
153. Жедрит	$\text{Mg}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2) \mid \text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$

Моноклинные

а) магнезиально-железистые

154. Куммингтонит	$\text{Mg}_2\text{Mg}_5 \mid \text{Si}_8\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$
-------------------	---

б) кальциевые

155. Тремолит	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5 \mid \text{Si}_8\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$
156. Ферроактинолит	$\text{Ca}_2\text{Fe}_5 \mid \text{Si}_8\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$

в) кальциево-натриевые

157. Эденит	$\text{NaCa}_2\text{Mg}_5 \mid \text{Si}_7\text{AlO}_{22} \mid (\text{OH})_2$
158. Гастингсит	$\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}) \mid \text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22} \mid (\text{OH})_2$

2) *натриевые*

159. Глаукофан	$\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2) \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$
160. <i>Рибекит</i>	$\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2) \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$
161. Арфведсонит	$\text{NaNa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+}) \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$

Подкласс 3 (слоистой структуры)

Группа каолинита

162. Каолинит трикл.	$\text{Al}_2\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle(\text{OH})_4$
163. <i>Диккит</i>	$\text{Al}_2\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle(\text{OH})_4$ мон.
164. <i>Галлуазит</i>	$\text{Al}_2\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Группа серпентина

165. Хризотил	$\text{Mg}_3\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle(\text{OH})_4$ мон.
166. <i>Антигорит</i>	$\text{Mg}_3\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle(\text{OH})_4$ мон.
167. <i>Лизардит</i>	$\text{Mg}_6\langle\text{Si}_2\text{O}_5\rangle_2(\text{OH})_8$

Группа пиррофиллита

168. Пиррофиллит	$\text{Al}_2\langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2$
169. Гальк	$\text{Mg}_3\langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2$

Группа смектитов

170. Бейделлит	$\text{Al}_2\langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
171. <i>Нонтронит</i>	$\text{Fe}_2\langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
172. <i>Сапонит</i>	$\text{Mg}_2\langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
173. Монтмориллонит	$(\text{Na}_{0,33} \cdot n\text{H}_2\text{O})(\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33}) \langle\text{Si}_4\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2$

Группа слюд

а) алюминиевые

174. Мусковит	$\text{KAl}_2\langle\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2$
175. <i>Парагонит</i>	$\text{NaAl}_2\langle\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\rangle(\text{OH})_2$

б) магнезиальные и железистые

176. Селадонит $K(Fe^{3+}Mg)<Si_4O_{10}>(OH)_2$
 177. Флогопит $KMg_3<AlSi_3O_{10}>(OH)_2$
 178. Аннит $KFe_3<AlSi_3O_{10}>(OH)_2$
 179. Сидерофиллит
 $K(Fe_2Al)<Al_2Si_2O_{10}>(OH)_2$

в) литиевые

180. Трилитионит (лепидолит)
 $K(Li_{1,5}Al_{1,5})<AlSi_3O_{10}>F_2$

Группа слюд с дефицитом межслоевых катионов

181. Вермикулит $(Mg_{0,5} \cdot nH_2O)Mg_3<AlSi_3O_{10}>(OH)_2$
 182. Иллит $(K_{0,65} \cdot nH_2O)Al_2<Al_{0,65}Si_{3,35}O_{10}>(OH)_2$
 183. Глауконит
 $(K_{0,8} \cdot nH_2O)(Fe^{3+}_{1,33}Mg_{0,67})<Al_{0,13}Si_{3,87}O_{10}>(OH)_2$

Группа хлорита

184. Клинохлор $(Mg_5Al)<AlSi_3O_{10}>(OH)_8$
 185. Шамозит $(Fe^{2+}_5Al)<AlSi_3O_{10}>(OH)_8$

Группа хрупких слюд

186. Маргарит $CaAl_2<Al_2Si_2O_{10}>(OH)_2$
 187. Пренит $Ca_2Al<Al_2Si_2O_{10}>(OH)_2$
 188. Хризоколла $Cu_4<Si_4O_{10}>(OH)_4 \cdot 4H_2O$
 189. Палыгорскит $Mg_5<Si_4O_{10}>_2(OH)_2 \cdot 8H_2O$
 190. Датолит $Ca<BSiO_4>(OH)$

Подкласс 4 (каркасной структуры)

Алюмо- и боросиликаты

Группа полевых шпатов

а) калиево-натриевые (щелочные)

191. Санидин $(K,Na)\{AlSi_3O_8\}$ мон

192. Ортоклаз	$(\text{K}, \text{Na})\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$ мон.
193. Микроклин	$(\text{K}, \text{Na})\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$ трикл.

б) кальциево-натриевые (плагиоклазы)

194. Анортит	$\text{Ca}\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\}$
195. Альбит	$\text{Na}\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$
196. Нефелин	$\text{Na}_3\text{K}\{\text{AlSiO}_4\}_4$
197. Лейцит	$\text{K}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}$
198. Данбурит	$\text{Ca}\{\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8\}$

Группа скаполит

199. Мариалит	$\text{Na}_4\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}_3\text{Cl}$
200. Мейонит	$\text{Ca}_4\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8\}_3(\text{CO}_3)$
201. Канкринит	$\text{Na}_6\text{Ca}_2\{\text{AlSiO}_4\}_6(\text{CO}_3, \text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Группа содалита

202. Содалит	$\text{Na}_8\{\text{AlSiO}_4\}_6\text{Cl}_2$
203. Лазурит	$\text{Na}_6\text{Ca}_2\{\text{AlSiO}_4\}_6(\text{SO}_4, \text{S})_2$ куб.

Водные алюмосиликаты (цеолиты)

Группа анальцима

204. Анальцим	$\text{Na}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\} \cdot \text{H}_2\text{O}$
205. Поллуцит	$\text{Cs}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\} \cdot \text{H}_2\text{O}$

Группа гейландита

206. Гейландит	$\text{Ca}\{\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}\} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
207. Стильбит	$\text{Ca}_{0,5}\text{Na}\{\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}\} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
208. Натролит	$\text{Na}_2\{\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
209. Шабазит	$\text{Ca}\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6\}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Класс 5. Фосфаты, арсенаты, ванадаты

210. Монацит-Ce	$\text{Ce}[\text{PO}_4]$
211. <i>Ксенотим-У</i>	$\text{Y}[\text{PO}_4]$

Группа апатита

212. Фторапатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$
213. Хлорапатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$
214. Гидроксилапатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{OH})$
215. <i>Пироморфит</i>	$\text{Pb}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$

Группа вивианита

216. Вивианит	$\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
217. Эритрин	$\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
218. Аннабергит	$\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
219. <i>Псевдомалахит</i>	$\text{Cu}_5[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
220. <i>Скородит</i>	$\text{Fe}[\text{AsO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Группа урановых слюдок

221. Торберит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2 [\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
222. <i>Отенит</i>	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2 [\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
223. <i>Тюямунит</i>	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2 [\text{V}_2\text{O}_8]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
224. <i>Карнотит</i>	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2 [\text{V}_2\text{O}_8]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

225. Бирюза	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
-------------	---

Класс 6. Сульфаты

Группа барита

226. Барит	$\text{Ba}[\text{SO}_4]$
227. Целестин	$\text{Sr}[\text{SO}_4]$
228. Англезит	$\text{Pb}[\text{SO}_4]$

229. Ангидрит	$\text{Ca}[\text{SO}_4]$
230. Гипс	$\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Группа алунита

231. Алунит	$\text{KAl}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$
232. Ярозит	$\text{KFe}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$

Класс 7. Хроматы, вольфраматы, молибдаты

233. Крокоит	$\text{Pb}[\text{CrO}_4]$
--------------	---------------------------

Группа шеелита

234. Шеелит	$\text{Ca}[\text{WO}_4]$
235. Повеллит	$\text{Ca}[\text{MoO}_4]$
236. Вульфенит	$\text{Pb}[\text{MoO}_4]$

Класс 8. Бораты

237. Борацит	$\text{Mg}_3\{\text{B}_7\text{O}_{12}\}\text{OCl}$
238. Ссайбелиит (ашарит)	$\text{Mg}_2[\text{B}_2\text{O}_4](\text{OH})(\text{OH})$
239. Людвигит	$\text{Mg}_2\text{Fe}[\text{BO}_3]\text{O}_2$
240. Гидроборацит	$\text{CaMg} \mid \text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \mid_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Класс 9. Карбонаты

Группа кальцита

241. Кальцит	$\text{Ca}[\text{CO}_3]$ триг.
242. Магнезит	$\text{Mg}[\text{CO}_3]$
243. Сидерит	$\text{Fe}[\text{CO}_3]$
244. Родохрозит	$\text{Mn}[\text{CO}_3]$
245. Смитсонит	$\text{Zn}[\text{CO}_3]$

Группа доломита

246. Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$
247. Анкерит	$\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$

Группа арагонита

248. Арагонит

$\text{Ca}[\text{CO}_3]$ ромб.

249. Церуссит

$\text{Pb}[\text{CO}_3]$

Группа малахита

250. Малахит

$\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$

251. Азурит

$\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$

Тип IV. ГАЛОГЕНИДЫ

Класс 1. Фториды

252. Флюорит

CaF_2

253. *Виллиомит*

NaF

254. *Криолит*

Na_3AlF_6

Класс 2. Хлориды

255. Галит

NaCl

256. Сильвин

KCl

257. Карналлит

$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

258. *Бишофит*

$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Важнейшие диагностические реакции на некоторые химические элементы

Золото (самородное)

- Косвенный признак: черта самородного золота на фарфоровом бисквите под каплей концентрированной азотной кислоты не растворяется, а только может несколько изменить цвет в зависимости от содержания примесей меди и серебра.

Серебро (самородное)

- Черту на фарфоровом бисквите растворяют в азотной кислоте и добавляют крупинку поваренной соли NaCl; выпадает творожисто-белый осадок хлористого серебра.

Медь

- Раствор в азотной кислоте зеленеет, от прибавления избытка аммиака становится синим.

Никель

- Пробу растворяют в азотной кислоте, раствор нейтрализуют аммиаком и приливают раствор диметилглиоксима ($C_4H_8O_2N_2$); при наличии никеля в растворе появляется малиново-красный осадок.

Олово (в касситерите)

- На шероховатую поверхность (порошок) минерала кладут гранулу цинка, подливают под эту гранулу соляную кислоту так, чтобы началось выделение пузырьков водорода; через 5 – 10 мин. гранулу цинка снимают и на ее месте наблюдают восстановленное водородом металлическое олово в виде пленки белого цвета.

Марганец

- Капля кислотного раствора бензидина на черте минерала становится фиолетово-синей (реакция косвенная, т.к. аналогично ведут себя некоторые минералы ванадия).

Титан

- После сплавления с KHSO_4 при кипячении с оловом дает синевато-фиолетовый раствор, при разбавлении водой - розовый.

Вольфрам

- При кипячении сплава минерала с содой в воде, подкисленной HCl , с оловом получается голубое окрашивание.

Сера

- Запах сероводорода при растворении в HCl (для сфалерита);
- Выпадает в раствор при растворении в азотной кислоте (для прустита и др. сульфидов);
- Порошок минерала сплавляют на угле с содой в восстановительном пламени паяльной трубки; полученный шлак (т.н. «серная печень») кладут на поверхность серебрясодержащего материала или чистое серебро, увлажняют; при наличии серы на серебре остается коричневая пленка сульфида серебра.

Фосфор

- Пробу растворяют в серной кислоте (кипятят; если минерал трудно растворим, то пробу предварительно сплавляют с содой), в полученный раствор приливают несколько капель раствора $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$; при наличии фосфора в растворе появляется ярко желтый осадок.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.02*

Сост. *М.А. Иванов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
минералогии, кристаллографии и петрографии

Ответственный за выпуск *М.А. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 20.01.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отт. 2,2. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 75 экз. Заказ 22.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2