*Записки Ленинградского Горного Института. Том XII, вып. 1, 1939*
*Annales de l'Institut des Mines à Leningrad. Vol. XII, liv. 1, 1939*

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ГЛАВНАЯ БИБЛИОТЕКА

# Эталонные дебаеграммы минералов каменного литья

*Доцент В. И. Михеев*

# Debaysche Etalondiagramme von Mineralien der Steingiesserei

*Dozent W. I. Mikheev*

## I. ВВЕДЕНИЕ

### 1. Метод минералогического анализа вещества и область его применения

В области геолого-минералогических работ рентгенометрия может иметь широкое и разнообразное применение. Особенная ценность рентгенометрического исследования вещества обусловливается тем, что этот метод исследования может давать и дает ответы на те вопросы, где обычно применяемые старые методы не могут дать положительных результатов.

Применение рентгенометрического метода исследования вещества в области минералогии может производиться, как это указал проф. А. К. Болдырев (1), по следующим разделам:

I. Вопрос о кристалличности или аморфности состояния вещества. II. Определение размеров частиц коллоидного вещества. III. Определение минералов, — особенно для порошковатых и мелкозернистых минералов, когда размеры частиц недоступны для микроскопа, и для минералов, которые трудно определяются оптическими, химическими и другими методами. IV. Определение минералов в смеси или минералогический анализ смеси, — особенно для трудно отличимых обычными методами и очень мелкокристаллических минералов. V. Спектральный анализ, — особенно важен в силу своей большой разрешающей способности и простоты для элементов редких земель и группы платины. VI. Определение структуры и химической конституции минералов.

Из всех перечисленных разделов наиболее важными в практическом отношении и в то же время более легкими для осуществления являются разделы III — Определение минералов и IV — Минералогический анализ смеси. Оба эти раздела очень близки по методу, применяемому для их разрешения.

В основе метода рентгенометрического определения минералов, а также и минералогического анализа смеси лежит то обстоятельство, что почти каждому минералу свойственна своя, отличная от другого, структура, — пространственное расположение атомов. И лишь в некоторых случаях структуры минералов близки, например в случаях изоморфных минералов. То же самое относится и ко всем другим веществам — не минералам. Поэтому рентгенометрический метод может быть применен и к анализу смеси различных веществ, если при этом требуется определить составные компоненты смеси. С помощью рентгеновых лучей можно получить те или иные данные относительно той структуры, которой исследуемое вещество обладает.

В рентгенометрии существует несколько методов исследования кристаллического вещества. Главными методами являются: метод Лауэ, метод вращения кристалла, метод Дебая-Шеррера-Холля, или метод порошка и метод Брагга. Наиболее

подходящим для расшифровки состава смеси и для определения минералов является метод порошка.

Принцип метода порошка основан на том, что просвечивание однородными рентгеновыми лучами кристаллического порошка вызывает появление резких интерференционных максимумов.

Если на столбик размельченного в порошок вещества $O$ (рис. 1) падает пучок $P$ однородных рентгеновых лучей с длиной волны $\lambda$, то все возможные интерференционные максимумы будут удовлетворять формуле Браггов — Вульфа:

$$n\lambda = 2d \sin\theta, \qquad (1)$$

где $n$ — целое число 1, 2, 3 и т. д., $\lambda$ — длина волны рентгеновых лучей, $d$ — расстояние между плоскими сетками кристаллического вещества и $\theta$ — угол отблеска между направлением падающего луча и плоской сеткой $SS'$, дающей отражение. Из всех параллельных плоских сеток, расположенных друг от друга на расстоянии $d$, в различных осколках кристалла в порошке будут давать интерференционные максимумы только те, которые образуют с направлением падающего луча угол $\theta$. Отраженные от плоских сеток кристалликов порошка лучи будут располагаться по поверхности конуса $KOK'$ с углом растворения $4\theta$. Если вокруг столбика порошка поставить фотографическую пленку $FKF'K'$ в виде цилиндра, то на ней получатся интерференционные кривые, которые будут являться пересечением конуса отраженных лучей от граней с данным расстоянием между плоскими сетками $d$ и цилиндрической пленкой. Угол отблеска при этом может быть определен по формуле:

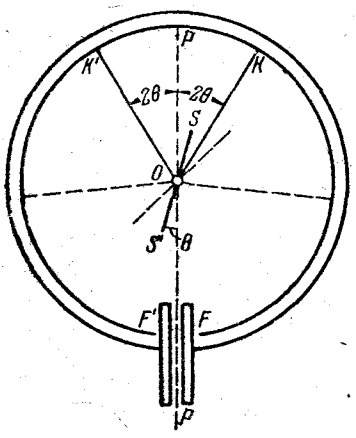



Рис. 1. Схематический чертеж камеры Дебая.

$$\theta = \frac{90}{\pi D} \cdot 2e, \qquad (2)$$

где $D$ — диаметр цилиндра пленки и $2e$ — расстояние между симметричными линиями по пленке. Другая серия параллельных плоских сеток, образующая интерференционный максимум при другом угле отблеска, даст на пленке кривые в другом месте с другим расстоянием $2e_1$. Таким образом на пленке — на дебаеграмме — получается целый ряд кривых с различными расстояниями $2e$. При этом для каждого вещества получится своя, отличная от другой картина расположения линий на дебаеграмме. Это различие в дебаеграммах, обусловленное различием в структурах веществ, используется для определения веществ смеси.

Для определения данного минерала его необходимо растереть в порошок, получить с него дебаеграмму и сравнить ее с дебаеграммами известных минералов, которые могли предполагаться в качестве данного минерала.

Аналогично при определении минерального состава смеси получают с нее дебаеграмму и сравнивают эту последнюю с дебаеграммами тех минералов, присутствие которых ожидалось в смеси. Отсюда вытекает, что для применения этого метода необходимо иметь дебаеграммы известных минералов в качестве эталонов, с которыми и сравнивается дебаеграмма анализируемого вещества. В каждой отдельной области применения метода рентгенометрического анализа должна быть заготовлена целая серия эталонных дебаеграмм ряда предполагаемых веществ. В настоящее время в связи с все бо́льшим и бо́льшим распространением этого метода необходимо начинать составление определителя веществ по их дебаеграммам аналогично определителю кристаллов, основанному на гониометрических данных. Мысль о создании рентгенометрического определителя была высказана проф. А. К. Болдыревым, и настоящую работу можно рассматривать как некоторый шаг в этом направлении.

Совпадение линий дебаеграммы смеси с линиями дебаеграммы того или иного минерала указывает на присутствие данного минерала в смеси. Установление совпадения производится путем сравнения или углов отблеска $\theta$, или $\sin\theta$, или вели-

чин $\frac{d}{n}$ — расстояний между плоскими сетками, которые вычисляются из $\sin\theta$, для дебаеграммы смеси с соответственными величинами дебаеграммы известных минералов. Помимо одной из этих величин, которые обусловливаются расположением линий на дебаеграмме при сравнении дебаеграмм, учитывается еще один фактор — интенсивность линий. Так как линии дебаеграммы вызваны отражением рентгеновых лучей от различных плоских сеток, обладающих различной плотностью и усаженных различными атомами, то интенсивность этих отражений, а следовательно и интенсивность почернения линий дебаеграммы, будут различны. При сравнении дебаеграмм достаточно визуального определения интенсивностей линий.

Метод минералогического анализа может быть с успехом применен при расшифровке, например, тонкодисперсных веществ, где затруднено применение химического, оптического и других методов исследования: 1) марганцовых минералов, где различение одного минерала от другого очень затруднено и не всегда может быть произведено однозначно; 2) железных руд; 3) никелевых минералов; 4) при изучении глин, где частицы зерен нередко настолько мелки, что недоступны для микроскопического определения; 5) при изучении мелких фракций осадочных пород; 6) при определении состава шлихов; здесь существует настоятельная необходимость создания атласа дебаеграмм минералов, встречающихся в шлихах; 7) в области каменного литья — при определении состава продуктов литья горных пород.

За последние годы в различных журналах появился целый ряд работ, в которых приводятся эталонные дебаеграммы минералов и не минералов и которые служат для целей идентификации веществ при изучении отдельных смесей или групп минералов. Мы отметим здесь лишь некоторые, наиболее важные из работ, которые наглядно показывают ценность применения рентгенометрического метода для идентификации веществ, расшифровки мелкокристаллических смесей и продуктов преобразования некоторых сложных минералов при их термической обработке.

Одной из первых работ такого характера является работа P. F. Kerr — „Определение непрозрачных рудных минералов посредством диффракционных узоров рентгеновых лучей“ (2). В этой работе автор впервые указал на возможность применения дебаеграмм для определения непрозрачных рудных минералов. P. F. Kerr очень подробно описал всю методику и аппаратуру, необходимую для осуществления метода определения минералов с помощью дебаеграмм. Однако в заключении автор указывает на то, что дорого стоящая аппаратура, необходимая при осуществлении метода, сильно ограничивает область его применения в определении минералов, но что этот метод выгоден в тех случаях, где определение минералов с помощью микроскопа не может быть произведено. Большим недостатком работы Kerr является то, что здесь приведены лишь фотографии и схематические рисунки дебаеграмм различных минералов и отсутствуют все цифровые данные о положении и относительной интенсивности линий на дебаеграмме.

В 1927 г. E. A. Harrington в работе — „Измерение диффракции рентгеновых лучей некоторых чистых веществ, имеющих значение при изучении портланд-цементов“ (3) приводит 8 дебаеграмм эталонов для наиболее важных веществ, входящих в состав портланд-цементов. Наряду с фотографиями дебаеграмм здесь приведены таблицы, содержащие величины $d/n$ — расстояний между плоскими сетками, и относительные интенсивности линий дебаеграмм. Эта работа может являться своего рода справочником при определении вещественного состава портланд-цементов с помощью рентгеновых лучей.

H. Haraldsen в работах — „Рентгенометрическое и химическое исследование термических преобразований серпентина“ — 1928 г. (4) и „Замечания к познанию термических преобразований талька“ 1930 г. (5) применил рентгенометрический метод для определения продуктов термических преобразований для таких сложных минералов, какими являются серпентин и тальк. Автору удалось рентгенометрическим методом установить температуру, при которой улетучивается вода из этих минералов, установить температуру разложения этих минералов и определить продукты их разложения. Работы сопровождаются многочисленными таблицами, которые содержат данные для положения и относительной интенсивности линий минералов серпентина, оливина, энстатита, талька, клиноэнстатита и кристобалита.

Приведенные для линий дебаеграмм этих минералов углы отблеска исправлены по каменной соли.

В 1932 г. появилась статья Г. М. Попова — „Дебаеграммы главнейших минералов руд железа и марганца" (6). Здесь приведены эталонные дебаеграммы наиболее важных марганцово- и железо-рудных минералов с указанием относительной интенсивности и расстояний между симметричными линиями на дебаеграмме. Эта работа является очень ценной в том отношении, что она облегчает минералогический анализ марганцовых и железных руд, где проведение оптического и химического методов сильно затруднено. В работе приведено несколько примеров расшифровки минералогического состава некоторых руд. Ценность этой работы несколько снижается отсутствием поправок на толщину столбика в положении линий на дебаеграмме, а также тем, что величинами, определяющими положение линий на дебаеграмме здесь выбраны не расстояния между плоскими сетками, а расстояния между симметричными линиями на дебаеграмме. Эти величины зависят от длины волны рентгеновых лучей и от диаметра камеры и тем самым неудобны для сравнения.

В 1935 г. вышла работа того же автора (7), в которой сообщаются результаты минералогического анализа марганцовых руд рудника Сапальского (Урал) и Чиатурского месторождения.

P. L. Merrit (8) в 1932 г. применил метод порошка для идентификации жадов.

В период написания настоящей работы в журнале The American Mineralogist появилась статья A. W. Waldo — „Идентификация медно-рудных минералов с помощью диффракционного узора рентгеновых лучей от порошка" (9). В этой работе приведены эталонные дебаеграммы для 46 медных минералов с указанием величин $d/n$ — расстояний между плоскими сетками и относительных интенсивностей линий. Помимо этого в работе содержится сводная таблица для всех эталонных дебаеграмм, которая служит для удобства идентификации. Эта таблица построена следующим образом: наиболее интенсивные линии эталонных дебаеграмм всех минералов (для каждого минерала отбирается от 3 до 4 наиболее интенсивных линий) расположены в порядке убывания величин $d/n$ с указанием относительной интенсивности и названия минерала. Кроме того вслед за величиной $d/n$ для данной линии в строку выписаны величины $d/n$ для наиболее интенсивных линий дебаеграммы того же минерала (от 3 до 6 линий для каждого минерала); эти величины расположены в строке в порядке уменьшения их относительной интенсивности. Эта таблица является своего рода определителем медно-рудных минералов с помощью дебаеграмм.

Предлагаемая здесь работа оказалась очень близкой по своему построению к работе A. W. Waldo (9).

## 2. Границы применения метода минералогического анализа смеси с помощью рентгеновых лучей

Величины углов отблеска, при которых могут быть получены линии на дебаеграмме, обычно колеблются от 10° до 80°. Величина расхождения между двумя углами отблеска, при которой две линии выступают на дебаеграмме разделенными, зависит от диаметра камеры, ширины диафрагмы и др. и при наших условиях составляет 25—30′; при этом она может быть значительно уменьшена при улучшении методики съемки. Если к такому колебанию в возможных углах отблеска прибавить еще интенсивность линий, то этих данных будет вполне достаточно для основания этого метода.

Этот метод, разумеется, не может быть применен к аморфным веществам.

Точность рентгенометрического метода при идентификации минералов значительно снижается в случае изоморфных веществ. Близость структуры изоморфных веществ обусловливает сходство в дебаеграммах этих веществ и сильно затрудняет, а иногда делает совсем невозможным применение этого метода для идентификации отдельных членов изоморфных групп.

Чем выше симметрия структуры данного вещества, тем большее число эквивалентных плоскостей с данными индексами $h$, $k$ и $l$ или с данными $d/n$ — рас-

стоянием между плоскими сетками. Так, например, для кубической сингонии грань куба (001) повторяется 6 раз, для моноклинной же сингонии грань пинакоида с таким же символом (001) повторяется лишь 2 раза. В случае кубической сингонии плоские сетки с символами (001) (010) (100) ($00\bar{1}$) ($0\bar{1}0$) и ($\bar{1}00$) все имеют одну и ту же величину — расстояния между плоскими сетками; для моноклинной же сингонии грани с теми же символами будут иметь 3 различных величины $d/n$: для (001) и ($00\bar{1}$) — $d_1/n$, для (010) и ($0\bar{1}0$) — $d_2/n$ и для (100) и ($\bar{1}00$) — $d_3/n$.

Если в гексоктаэдрическом виде симметрии для грани с индексами ($hkl$) имеется 48 эквивалентных граней, имеющих одинаковое $d/n$ — расстояние между плоскими сетками (параллельными этой грани), то в моноклинно-призматическом виде симметрии, например для грани с индексами ($hkl$), получится лишь четыре эквивалентных грани с одинаковым $d/n$ — расстоянием между плоскими сетками. Таким образом, для структур с более низкой симметрией наблюдается большее разнообразие в величинах $d/n$ для плоских сеток, имеющих простые индексы. Но, согласно уравнению Браггов—Вульфа (1), при постоянной длине волны $\lambda$ и при данном $n$ все плоские сетки с одинаковым $d$ дают интерференционные максимумы при одном и том же угле отблеска $\theta$. Отсюда можно сделать вывод, что при приблизительно равных других условиях, как, например, при одинаковом или близком химическом составе вещества, при примерно одинаковой сложности структуры и т. п., для веществ с более высокой симметрией на дебаеграммах будет меньше линий, чем для веществ с низшей симметрией. При меньшем количестве линий на дебаеграммах кубических веществ производство минералогического или вещественного анализа упрощается. Однако увеличение числа линий на дебаеграмме вещества увеличивает разрешающую способность рентгенометрического анализа.

Материалу, с которого получаются эталонные дебаеграммы, должно быть уделено большое внимание. Необходимо, чтобы данное вещество или минерал не содержали примесей и не были разложены — иначе это может привести к совершенно неверным выводам относительно состава анализируемой смеси или к неправильному определению отдельного вещества.

Там, где это возможно, нужно стремиться к тому, чтобы вещество для эталона сопровождалось химическим анализом, особенно для веществ и минералов переменного состава. Количество вещества, необходимое для рентгеноанализа по методу порошка, — самое минимальное и определяется десятыми и даже сотыми долями грамма. Состояние его также не играет большой роли. Анализу могут подвергаться как монокристаллы, так и отдельные сростки кристаллов, мелкозернистые и порошковатые вещества, важно лишь, чтобы анализируемое вещество было кристаллическим.

Продолжительность рентгеноанализа методом порошка зависит, помимо сложности состава смеси, от состояния, мощности и качества аппаратуры, от экспозиции, необходимой для получения эталонных дебаеграмм, и от опыта работника, занимающегося анализом.

Производство минералогического анализа смеси с помощью рентгеновых лучей связано с довольно дорогой аппаратурой. Необходимо иметь высоковольтную установку, техническую рентгеновскую трубку, обычно бывает необходима высоковакуумная установка. Все это удорожает работы, связанные с постановкой этого метода в лаборатории.

Экспозиция для съемки дебаеграммы какого-либо вещества зависит прежде всего от его структуры и рода атомов, входящих в состав вещества. Чем больше атомный номер элемента, тем больше его отражательная способность для рентгеновых лучей и тем меньше экспозиция.

## 3. Цель работы

В связи с широким развитием рентгеноанализа кристаллического вещества за последние годы в литературе имеются описания большого количества веществ, для которых дана полная структура. Но очень часто определение структуры не сопровождается подробными данными о применении метода Дебая и в большинстве случаев, несмотря на то, что в структурном отношении какое-либо вещество изу-

чено очень подробно, в литературе трудно найти дебаеграмму данного вещества. Целый ряд работ по минералогическому анализу каких-либо смесей содержит эталонные дебаеграммы отдельных минералов, относящихся к вопросам, которые трактуются в этих работах.

В последнее время в Ленинградском горном институте производились большие работы по всестороннему изучению каменного литья, которое приобретает все большее и большее значение в промышленности. Каменное литье как продукт переплавления горных пород, главным образом габбро-диабазов, обладает многими весьма важными свойствами, например большой диэлектрической постоянной, сильной кислотоупорностью и т. д. Для того чтобы можно было получать продукты плавки с вполне определенными свойствами, необходимо знать условия термической обработки и прежде всего — минералогический состав и микроструктуру продуктов плавки. Изучение минералогического состава оптическими методами здесь затруднено крайне малыми размерами кристалликов отдельных минералов. Оптический метод может быть здесь применен лишь к изучению микроструктур. Для успешной расшифровки минералогического состава каменного литья можно было применить методы рентгеноанализа. Метод порошка был впервые применен для расшифровки минералогического состава каменного литья в 1934—1935 гг. проф. Н. Я. Селяковым, Г. М. Поповым и В. И. Михеевым. При этом с помощью дебаеграмм в некоторых наиболее раскристаллизованных образцах каменного литья удалось установить наличие магнетита и диопсид-авгита; в менее раскристаллизованных образцах было установлено присутствие лишь магнетита, и, наконец, в участках отливок, близких к поверхности, подвергшихся сравнительно более быстрому охлаждению, кристаллической фазы не было обнаружено. Некоторые результаты этой работы изложены в статье В. И. Михеева, Г. М. Попова и Н. Я. Селякова — „Рентгенографическое исследование продуктов каменного литья" — (10, 11). В результате этой работы также вытекала необходимость составления специального атласа, в котором содержались бы точные данные для эталонных дебаеграмм некоторых минералов. В настоящей работе и приведены эталонные дебаеграммы минералов, которые могут появиться в продуктах плавки горных пород типа габбро-диабазов и дано сравнение этих дебаеграмм между собою.

## II. ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДОВАННЫХ МИНЕРАЛОВ

Всего было подвергнуто исследованию 11 минералов, большинство из них — силикаты. Сюда вошли минералы группы шпинели, гематит, оливин, минералы группы пироксенов и плагиоклазов. Группы роговых обманок и слюд совсем не затрагиваются в этой работе, так как появление этих минералов в каменном литье из горных пород типа габбро-диабазов не ожидалось.

Материалом для дебаеграмм минералов послужили образцы Горного музея. Для каждого минерала из всех образцов, имеющихся в музее, отбирались наиболее чистые кусочки от 0,5 до 1 *г* весом.

На таблице 1 приведен список исследованных минералов с указанием номера соответствующего образца Горного музея и месторождения данного минерала.

Для всех минералов, за исключением благородной шпинели, магнетита, гематита и оливина, был произведен химический анализ. Для благородной шпинели, магнетита и гематита химический анализ не был сделан по причине большего постоянства состава этих минералов по сравнению с силикатами. Приведенное ниже в главе VII сравнение результатов рентгенографического исследования этих минералов не оставляет сомнения в отношении чистоты материала.

Образец оливина представляет полупрозрачные, зеленые окатанные зерна кристаллов этого минерала. Показатели преломления, измеренные иммерзионным методом, следующие:

$$N_g = 1{,}690 \pm 0{,}004;\ N_p = 1.660 \pm 0{,}004;\ N_g - N_p = 0{,}030;$$

эти данные говорят о том, что исследуемый оливин близок по своему составу к форстериту $Mg_2SiO_4$.

Таблица 1

| № п/п | Наименование минерала | Химическая формула | Сингония | № образца Горного музея | Месторождение |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Благородная шпинель . . | $Al_2O_4Mg$ | Кубическая (полигирн.) | 394/1 | Ферганская область. Средняя Азия |
| 2 | Магнетит . . | $Fe_2O_4Fe$ | Кубическая (полигирн.) | 405/1 | г. Благодать |
| 3 | Гематит . . . | $Fe_2O_3$ | Тригональн. (тригирная) | 404/1 | Val. Cancerone Везувий |
| 4 | Оливин . . . | $SiO_4$ (Mg, Fe) | Ромбическая (дигирная) | 610/1 | В зернах из морского песка. Сорренто, Италия |
| 5 | Диопсид . . | $[SiO_3]_2$ Ca, Mg | Моноклинная (моногирная) | 783/60 | Kotenkopf in Schwarzstein. Тироль |
| 6 | Авгит . . . . | $n[SiO_3]_2$ Ca(Mg, Fe)· $\cdot m$ $(Al,Fe)_2O_3$ | То же | 791/40 | Везувий |
| 7 | Гиперстен . . | $[SiO_3]_2$ Mg, Fe | Ромбическая (дигирная) | 781/7 | О-в Павла. Лабрадор в Сев. Америке |
| 8 | Волластонит . | $[SiO_3]_2$ $Ca_2$ | Моноклинная (моногирная) | 796/1 | Perhemiemi в Финляндии |
| 9 | Альбит . . . | $NaAlSi_3O_8$ | Триклинная (агирная) | 833/20 | Кирябинский рудник на Ю. Урале |
| 10 | Лабрадор . . | 50% $NaAlSi_3O_8$ + + 50% $CaAl_2Si_2O_8$ | То же | 836/28 | Лабрадор |
| 11 | Анортит . . . | $CaAl_2Si_2O_8$ | „ | 838/4 | Везувий |

На таблице 2 приведены результаты химических анализов для диопсида, авгита, гиперстена, волластонита, альбита, лабрадора и анортита.

Таблица 2

| Состав | Диопсид | Авгит | Гиперстен | Волластонит | Альбит | Лабрадор | Анортит |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 53,88 | 48,77 | 52,19 | 50,77 | 68,41 | 53,96 | 45,30 |
| $TiO_2$ | 0,04 | 1,06 | 0,50 | — | — | 0,22 | 0,06 |
| $Al_2O_3$ | 1,28 | 5,91 | 6,23 | — | 19,21 | 26,90 | 33,74 |
| $Cr_2O_3$ | 0,00 | 0,07 | — | — | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 0,28 | 2,23 | 1,21 | — | — | 0,36 | 0,02 |
| FeO | 2,20 | 7,26 | 14,25 | 0,46 | — | 0,32 | 0,37 |
| MgO | 16,95 | 13,22 | 20,06 | 0,26 | — | 0,08 | 1,21 |
| CaO | 25,35 | 20,35 | 3,26 | 47,29 | 0,55 | 10,69 | 17,92 |
| MnO | 0,19 | 0,24 | 0,32 | следы | — | — | — |
| $Na_2O$ | — | — | — | — | 11,60 | 4,88 | 1,36 |
| $K_2O$ | — | — | — | — | 0,21 | | — |
| п. п. п. | 0,28 | 1,06 | 1,75 | — | 0,23 | — | 0,23 |
| Сумма | 100,45 | 100,17 | 99,77 | 98,36 | 100,21 | 97,41 | 100,21 |
| Аналитик | О. Кобылина | В. Егоров | В. Егоров | В. Лангваген | М. Ф. Крутиков | Свержинская | В. Егоров |

При пересчете химического анализа диопсида оказалось, что диопсид-геденбергитовая молекула составляет 95,00%, на примеси приходится лишь 5,00%; при этом на диопсид $CaMgSi_2O_6$ приходится 95,83%, на геденбергит $CaFeSi_2O_6$ — —3,46% и на полуторные окислы $(Al,Fe)_2O_3$ —0,71%.

Анализ авгита показывает значительное содержание $TiO_2$ и избыток FeO. Избыток FeO при пересчете был отнесен к авгиту, который, как известно, часто имеет избыток FeO по сравнению с остальными окислами. На авгитовую молекулу $n\ Ca(Mg, Fe)Si_2O_6 \cdot m(Al,FeCr)_2O_3$ остается —96,62%, при этом на $Ca(Mg, Fe)Si_2O_6$ — 91,61% и на полуторные окислы 8,39 весовых процентов.

Образец Горного музея № 781/7 представлен гиперстеном со значительным количеством лабрадора. При отборе образца для химического анализа не удалось отделить достаточно чистого гиперстена. Для получения же дебаеграммы, где требуются небольшие количества вещества, удалось выделить чистые зерна гиперстена. Пересчет химического анализа образца № 781/7 дал следующий нормативный минералогический состав:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ферросиликат | 24,42% | Волластонит | 1,04% |
| Магнезиальный силикат | 49,50% | Родонитовая молекула | 0,59% |
| Анортит | 13,62% | Ильменитовая молекула | 0,91% |
| Альбит | 6,34% | | |

Количество $Na_2O$—0,75% при анализе не определялось и было найдено по величине избытка $SiO_2$ и $Al_2O_3$. Таким образом гиперстен составляет в образце № 781/7—73,92. Отношение окиси магния к закиси железа $MgO : FeO = 3 : 2$.

Волластонит был представлен очень чистым образцом Горного музея № 796/1. Химический анализ образца показывает содержание волластонита 98,13%.

Химический анализ альбита был заимствован из работы В. В. Никитина (12), так как материалом для получения дебаеграммы служил тот же образец Горного музея, что и в вышеуказанной работе. Содержание анортита в этом образце равно 2,73%.

Из химического анализа лабрадора было найдено, что примеси составляют 4,35%. Содержание анортита и лабрадора равно 55,7%.

Образец анортита, № 838/4, представлен мелкими прозрачными и полупрозрачными кристаллами анортита в авгитовой породе со слюдой. Несмотря на тщательную отборку анортита, химический анализ показывает 8,88% содержания примесей. На долю анортитовой молекулы падает 87,4%, на долю альбитовой 12,6%. Таким образом образец № 838/4 представлен анортит-битовнитом.

## III. УСЛОВИЯ РАБОТЫ

### 1. Аппаратура

Работа прозводилась в рентгенометрической лаборатории Федоровского института при Ленинградском горном институте.

Источником высокого напряжения служил однокенотронный рентгеновский аппарат завода „Буревестник" в Ленинграде. Максимальное эффективное напряжение, даваемое этим аппаратом, 80 kV при незаземленной схеме или 40 kV при заземленной схеме (при которой велась работа). Для получения рентгеновых лучей была использована шестиоконная трубка Хаддинга с железным антикатодом. Длина волны излучения—$K$-серии железа — $\lambda_\alpha = 1{,}934$ Å и $\lambda_\beta = 1{,}753$ Å. Вакуумная установка состояла из масляного насоса для форвакуума и стального ртутного насоса системы Геде — для высокого вакуума.

Нами применялись камеры Дебая изготовления Ленинградского физико-технического института. Диаметры пленкодержателей у всех восьми камер не были строго одинаковы и имели колебания от 45,81 *мм* до 45,88 *мм*. Принимая во внимание то, что почти все пленкодержатели были несколько эллипсоидальны — уклонение от окружности на несколько сотых миллиметра,— расчетный диаметр, равный диаметру пленкодержателя плюс толщина пленки 0,15 *мм*,— был принят для всех камер равным 46,00 *мм*. Как будет показано дальше, ошибки, вызванные неточностью измерения диаметра пленкодержателя и эллипсоидальностью его, устраняются при введении поправок с помощью стандартного вещества.

Объектом для получения дебаеграммы служил столбик порошка минерала, который приготовлялся посредством выдавливания тонкоистертого порошка из толстостенного стеклянного капилляра. Диаметр столбика $d = 1$ *мм* для всех сним-

ков. Столбик порошка укреплялся на дне камеры с помощью воска. Предварительно кусочку воска придавалась конусообразная форма, вершина конуса расплавлялась разогретой проволокой, и затем расплавленная вершина конуса приводилась в соприкосновение с концом столбика порошка. При застывании воска столбик порошка достаточно прочно держался на нем и мог быть перенесен в камеру.

Напряжение во время работы было 20—30 kV, сила тока в трубке — 6—8 mA.

Экспозиция для различных веществ различна. Для минералов группы шпинели она составляла 10—15 *час*, для пироксенов 40—50 *час*, для плагиоклазов 70—80 *час*.

## 2. Получение фактических данных

Дебаеграммы измерялись при помощи полумиллиметровой линейки. Для каждой пары линий выводилось среднее арифметическое из трех промеров. Измерение производилось между серединами линий. Определение относительной интенсивности линий производилось визуально по десятибалльной шкале. Наибольшая относительная интенсивность оценивалась баллом 10, наименьшая — баллом 1. В отдельных случаях, когда интенсивность некоторых линий очень резко отличалась от интенсивности других линий, введены числа больше 10.

Окончательными данными для дебаеграммы каждого минерала являются величины — $d/n$ — расстояний между плоскими сетками; эти величины вместе с относительными интенсивностями линий служат константами для каждого минерала при сравнении дебаеграмм. Наряду с величинами $d/n$ в таблицах для всех минералов приводятся также исправленные величины углов отблеска $\theta$ и $\sin\theta$, которыми также можно воспользоваться при сравнении дебаеграмм. Однако ввиду того, что величины $\theta$ и $\sin\theta$ зависят от длины волны применяемых рентгеновых лучей, эти величины неудобны при сравнении дебаеграмм, полученных при разных длинах волн. Предпочтительнее оказывается сравнение величин $d/n$, вычисленных из значений $\sin\theta$ для исправленных величин углов отблеска $\theta$.

Исправление углов отблеска на толщину объекта, на неточность измерения диаметра барабана пленкодержателя, на расходимость пучка лучей и т. д. производилось посредством стандартного вещества. В качестве стандартного вещества была использована каменная соль из Стассфуртского месторождения. Для каждого минерала была получена дебаеграмма порошка этого минерала с примесью каменной соли. К измельченному порошку минералов прибавлялся мелко истертый порошок каменной соли, и эта смесь тщательно перемешивалась. Затем обычным способом приготовлялся столбик из этой смеси. Количество прибавляемого порошка NaCl зависит от сложности состава минерала. Обычно для минералов группы шпинели и гематита необходимо 25—20% каменной соли для того, чтобы линии каменной соли и минерала получились бы приблизительно равных интенсивностей. Для плагиоклазов, где экспозиция при получении дебаеграммы очень велика, достаточно уже меньшего количества примеси каменной соли; здесь прибавление даже 12% дает для линий каменной соли значительно бо́льшую интенсивность, чем для линий плагиоклаза.

После того как дебаеграмма порошка минерала с каменной солью промерена и вычислены углы отблеска $\theta$ для всех линий, устанавливалось,—какие именно линии вызваны частичками минерала и какие—частичками каменной соли. Это установление осуществлялось сравнением углов отблеска $\theta$ для дебаеграммы минерала с каменной солью с углами отблеска дебаеграммы чистого минерала, с одной стороны, и с углами отблеска, при которых происходит отражение для чистой каменной соли, — с другой.

Углы отблеска для каменной соли предварительно были вычислены для всех плоских сеток, исходя из величины параметра ячейки $a_w = 5{,}628$ Å посредством формулы:

$$\sin\theta_{hkl} = \frac{\lambda}{2a_w}\sqrt{h^2+k^2+l^2}, \qquad (3)$$

где $\lambda$ — длина волны рентгеновых лучей, $a_0$=5,628 Å — величина параметра ячейки каменной соли, $h$, $k$ и $l$ — индексы плоской сетки. При описании эталонных дебаеграмм дана таблица, где указаны теоретически вычисленные углы отблеска каменной соли с указанием относительных интенсивностей линий.

Вслед за установлением линии каменной соли на дебаеграмме минерала с NaCl определялась величина поправки для линий каменной соли $\Delta\theta_{NaCl}$ — как разность между углами отблеска $\theta_{изм}$, — полученными из дебаеграммы, и истинными углами отблеска $\theta_{NaCl}$: $\Delta\theta_{NaCl} = \theta_{изм} - \theta_{NaCl}$. Для величин $\Delta\theta_{NaCl}$ строилась кривая зависимости от угла отблеска $\theta_{изм}$. По этой кривой определялись поправки $\Delta\theta_K^1$ для углов отблеска $\theta_{изм}$ для линий минерала на дебаеграмме этого минерала с каменной солью, затем определялись исправленные углы отблеска $\theta_K = \theta_{изм} - \Delta\theta_K^1$ для наиболее интенсивных линий минерала — так называемых линий характерного комплекса.

Имея величины углов отблеска для минерала, исправленные посредством стандартного вещества, можно установить величины поправок $\Delta\theta_K$ для соответственных линий на дебаеграмме чистого минерала и затем найти значения исправленных углов отблеска для остальных линий.

Величина поправки для наиболее интенсивных линий дебаеграммы чистого минерала определяется как разность между углами отблеска $\theta_{изм}$, измеренными для данной дебаеграммы, и исправленными углами $\theta'_{испр}$, полученными из дебаеграммы минерала с каменной солью: $\Delta\theta_K = \theta_{изм} - \theta'_{испр}$. Для этих величин опять строится кривая зависимости поправок $\Delta\theta_K$ от угла отблеска $\theta_{изм}$. По полученной таким образом кривой определяются окончательные поправки $\Delta\theta$ для всех линий дебаеграммы чистого минерала, при вычитании которых из величин углов отблеска $\theta_{изм}$ устанавливается окончательная величина исправленных углов отблеска $\theta$. Последней операции исправления подвергались также и углы отблеска для линий характерного комплекса, при этом окончательно найденные значения углов отблеска для этих линий очень мало, обычно от 0′ до 5′, отличаются от углов отблеска для тех, которые определяются по дебаеграмме минерала с каменной солью.

Ограничиться лишь одной дебаеграммой минерала с каменной солью нельзя, во-первых, потому что при этом получаются не все линии минерала, которые можно было бы получить в тех же условиях от чистого порошка, и, во-вторых, вследствие того, что довольно часто некоторые линии каменной соли накладываются на линии минерала. Поэтому необходим такой длительный двукратный путь введения поправок.

При расшифровке смеси можно пользоваться одной дебаеграммой смеси, не снимая дебаеграммы со стандартным веществом. В этом случае поправки можно вводить посредством кривой поправок для той камеры, в которой производится съемка. Эта кривая получается в результате „выверки“ камеры посредством одного или нескольких стандартных веществ. Выверку камеры легко можно осуществить, сняв дебаеграмму вещества, для которого найдены теоретически вычисленные углы отражения. Кривая поправок строится тогда так, что она выражает зависимость разностей между углами измеренными и найденными теоретически от величины измеренного угла отблеска.

## 3. Погрешности и поправки

Основные причины, вызывающие погрешности при определении данных дебаеграммы, связаны с измерениями (дебаеграммы, диаметра камеры, толщины пленки), с фотографической пленкой (стягивание пленки во время проявления и высушивания, неплотное прилегание ее к пленкодержателю), с препаратом (толщина препарата, эксцентриситет препарата) и с пучком лучей (расходимость и ширина пучка, неоднородность лучей).

Рассмотрим кратко все эти причины и установим возможные для примененного метода допустимые пределы ошибок.

### а. Ошибки при измерении дебаеграммы.

При измерении дебаеграмм линейкой с полумиллиметровыми делениями десятые доли определяются на-глаз.

Максимальные расхождения между трехкратными промерами расстояния между одними и теми же линиями достигали 0,25 *мм*, в большинстве же случаев эта величина составляла 0,05—0,10 *мм*.

На диаграмме (рис. 2) представлена кривая зависимости между величиной максимального расхождения в трехкратных промерах и числом промеров, которые дали такие расхождения. На этой диаграмме по оси абсцисс отложены величины максимальных расхождений при трехкратных промерах линий в долях миллиметра, а по оси ординат процент числа промеров, давших данное расхождение, из всех промеров для всех снятых нами дебаеграмм. Общее число промеров было около 800.

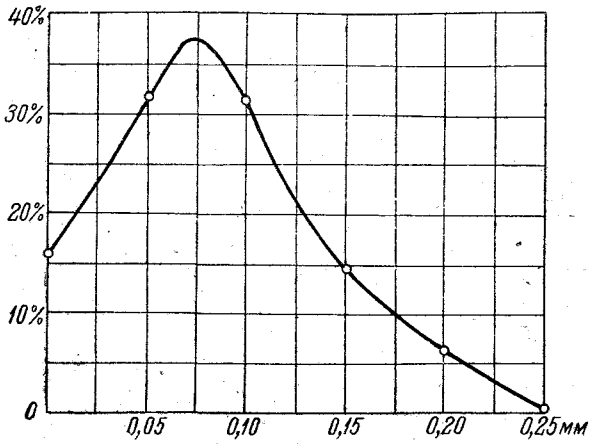


Рис. 2.

Из диаграммы видно, что для большинства (около 79%) промеров максимальные расхождения не превышают 0,10 *мм*. Если принять во внимание, что при определении расстояния между симметричными линиями бралось среднее из трех промеров, то ошибка при измерении будет около 0,10 *мм*.

Одна и та же величина ошибки измерения расстояния между дужками при определении угла отблеска $\theta$ будет сказываться одинаково, независимо от величины угла. Однако при определении $\sin\theta$ или $d/n$ — расстояний между плоскими сетками одна и та же ошибка при измерении дебаеграммы при различных углах отблеска будет сказываться в различной степени.

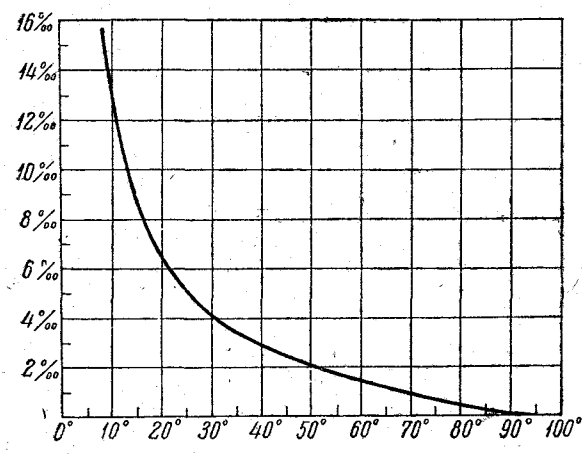


Рис. 3.

На диаграмме (рис. 3) показана эта зависимость погрешности в определении межплоскостных расстояний при различных углах отблеска от величины этого угла при одной и той же величине в 0,20 *мм* ошибки измерения расстояния между линиями дебаеграммы и при диаметре пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*. Здесь по оси абсцисс отложены углы отблеска, а по оси ординат — погрешности при определении $d/n$, в десятых долях процента определяемой величины.

Обычно на дебаеграмме мы не имели линий с углами отблеска меньше, чем 12°—13°; поэтому, как это видно из диаграммы, наибольшая величина погрешности при определении расстояний между плоскими сетками должна быть меньше одного процента измеряемой величины.

### b. Ошибки при измерении диаметра пленкодержателя и толщины пленки

Неточность измерения диаметра пленкодержателя будет вызывать систематическую ошибку при определении угла отблеска из расстояния между симметричными линиями дебаеграммы. Эллипсоидальность пленкодержателя будет давать также систематическую ошибку в определении угла. Толщина пленки выдержи-

вается постоянной, обычно с точностью до 0,01 *мм* для одной и той же коробки пленок. Эти ошибки легко устранимы, если заранее выверить камеру с помощью дебаеграммы стандартного вещества. При том способе введения поправок, который применен в настоящей работе, ошибки, вызванные вышеуказанными причинами, сводятся к нулю.

### c. Неплотное прилегание пленки к пленкодержателю

Ошибка, вызванная неплотным прилеганием пленки к пленкодержателю, устраняется до конца примененными здесь методами поправок, несмотря на то, что для дебаеграмм минерала и минерала с каменной солью могло быть различное уклонение пленки от пленкодержателя. Кроме того эта ошибка мала по сравнению с ошибкой измерения. Если принять, что допустимая величина отклонения пленки от пленкодержателя при прижимании ее резиновыми кольцами составит 0,1 *мм*, то она будет вызывать ошибку при вычислении расстояний между плоскими сетками меньше 0,1% измеряемой величины. Таким образом этой погрешностью можно пренебречь.

### d. Сжатие и стягивание пленки при ее проявлении

Стягивание пленки при ее проявлении вообще дает небольшую ошибку при измерении $d/n$ — расстояний между плоскими сетками. Для дебаеграммы вещества с каменной солью эта ошибка целиком устраняется, так как стягивание одинаково сказывается как на положении линий данного вещества, так и на положении линий каменной соли. Но, так как поправки для дебаеграммы чистого минерала вводятся посредством данных дебаеграммы минерала с каменной солью, можно считать, что эта ошибка устраняется целиком, тем более, что съемка дебаеграмм минерала и минерала с каменной солью производилась на одинаковых пленках и проявление и высушивание пленок происходило в одинаковых условиях.

### e. Толщина препарата

Толщина столбика вызывает увеличение ширины линий и их передвижение в сторону увеличения углов отблеска. Это одна из наиболее значительных ошибок, которые существуют в методе Дебая.

При одинаковой толщине столбика порошка и диаметра камеры передвижение и ширина линий для разных снимков должны быть одинаковыми; поэтому применением стандартного вещества эта ошибка целиком устраняется.

### f. Эксцентриситет препарата

Эксцентриситет препарата вызывает незначительную ошибку при вычислении констант решетки.

Menzer (13) дает следующую формулу для определения наибольшей величины изменения угла отблеска от эксцентриситета препарата в случае, когда препарат сдвинут в направлении первичного луча

$$\Delta\theta = \pm \frac{\varrho}{2R} \sin 2\theta, \qquad (4)$$

где $R$ — радиус камеры, $\theta$ — угол отблеска и $\varrho$ — величина смещения препарата вдоль направления первичного луча. При $\theta = 45^\circ$ ошибка $\Delta\theta$ достигает максимального значения и, если принять $\varrho = 0{,}1$ *мм* и $R = 23{,}00$ *мм*, то получаем из (4)

$$\Delta\theta = \pm \frac{0{,}1}{2.23{,}00} \cdot 1 = 0{,}002 \text{ или } \Delta\theta = \pm 9'.$$

При введении поправок по стандартному веществу ошибка, вызванная эксцентриситетом столбика порошка, будет нацело устранена, так как она будет одинаковой как для линий снимаемого вещества, так и для линий вещества, принятого в качестве стандарта.

### g. Непараллельность лучей и ширина первичного пучка

Ширина и непараллельность лучей первичного пучка сказываются на увеличении ширины интерференционных линий и тем самым увеличивают ошибку при измерении дебаеграммы. Расходимость лучей зависит не только от размеров диафрагмы, но также и от размеров фокуса антикатода. Для плоского антикатода, когда ось диафрагмы устанавливается под небольшим углом к верхней поверхности антикатода, в горизонтальной плоскости эффект будет получаться от всей ширины фокуса. В вертикальной (перпендикулярной к верхней поверхности антикатода) плоскости эффект будет давать проекция фокуса антикатода на плоскость, перпендикулярную к оси диафрагмы. Отсюда следует, что непараллельность лучей падающего пучка можно значительно снизить таким расположением камеры и столбика по отношению к падающим лучам, чтобы ось столбика (ось камеры) была параллельна верхней поверхности антикатода. Для антикатода с горизонтальным срезом расходимость лучей в горизонтальной плоскости при одной и той же диафрагме будет больше, чем в вертикальной. Поэтому при вышеуказанном расположении камеры пленка будет улавливать лучи с меньшей расходимостью, и линии на дебаеграмме будут более тонкими. Ошибка, вызванная шириной и расходимостью лучей первичного пучка, может быть включена в ошибку измерения дебаеграммы.

### h. Неоднородность лучей

Характеристическое излучение железного антикатода К-серии состоит и нескольких длин волн.

Наиболее интенсивные из них следующие: $\lambda K_{\alpha_1} = 1{,}932$ Å, $\lambda K_{\alpha_2} = 1{,}936$Å и $\lambda K_{\beta_1} = 1{,}753$ Å. В наших условиях отражения, вызванные излучением $K_{\alpha_1}$ и $K_{\alpha_2}$, сливаются в одну кривую; поэтому для излучения серии была принята средняя длина волны $\lambda_\alpha = 1{,}934$A, промеры же дебаеграммы, как это уже было упомянуто, брались по серединам линий дебаеграмм.

Влияние неоднородности лучей на точность данных состоит в том, что две интерференционные кривые, вызванные излучениями с разной длиной волны, могут накладываться друг на друга, при этом получается одна широкая линия. Такое совпадение очень неприятно, если преследуется цель определения параметров решетки, так как оно может дать неправильный результат. Однако это совпадение устраняется при съемке дебаеграммы при соответствующем фильтре. Если же дебаеграмма снимается для целей сравнения, то нет необходимости применять фильтр, так как при одном и том же веществе антикатода такое совпадение будет постоянным при всех снимках, и поэтому не может сказаться на выводах при расшифровке смеси.

Для каждой дебаеграммы как для эталонов, так и особенно для смесей веществ необходимо отмечать все случаи ненормального увеличения ширины интерференционных кривых.

Таким образом из всех ошибок, которые могут сказаться при вычислении данных дебаеграммы, наибольшее значение имеют ошибки измерения.

Можно считать, что точность данных, которые приведены в настоящей работе, совпадает с теми возможными ошибками измерения, которые даны на диаграмме (рис. 3), и во всяком случае ошибки не могут превышать 1% измеряемой величины.

## IV. ОПИСАНИЕ ЭТАЛОННЫХ ДЕБАЕГРАММ

### 1. Характерный комплекс линий дебаеграмм

При определении вещества с помощью дебаеграмм очень трудно пользоваться эталонными дебаеграммами, сравнивая совпадение всех линий эталонной дебаеграммы с линиями дебаеграммы вещества. Для облегчения сравнения необходимо каким-либо образом выделить из эталонной дебаеграммы наиболее важные данные, которыми можно было бы пользоваться при сравнении — в первую очередь, проверяя затем совпадение всех остальных. Если при сравнении оказалось, что наи-

более важные данные эталонной дебаеграммы не совпали с данными дебаеграммы смеси или вещества, то следовательно отпадает необходимость в продолжении сравнения этих дебаеграмм.

Дебаеграммы различных веществ отличаются между собой количеством линий, углами отблеска, характеризующими положение линий на дебаеграмме, и относительной интенсивностью линий. Количеством линий на дебаеграмме невозможно пользоваться для определения вещества снимаемого порошка, так как оно зависит не только от самого вещества, но и от условий съемки, например экспозиции, чувствительности пленок, диаметра камеры, напряжения и силы тока и т. д. По числу линий лишь косвенно можно вывести заключение об относительно большей или меньшей сложности состава вещества и степени симметрии расположения его атомов. Как правило, на дебаеграммах веществ с низшей сингонией при прочих одинаковых условиях появляется больше линий, чем на дебаеграммах веществ с более высокой симметрией при близких или одинаковых химических составах.

Углы отблеска $\theta$ и $\sin\theta$, как уже было отмечено, постоянны для данного вещества при условии, если дебаеграммы получены с помощью лучей одной и той же длины волны. Для того, чтобы исключить длину волны применяемых лучей, приходится вычислять величины $d/n$ — расстояний между плоскими сетками. Вычисление этих величин можно производить по формуле Браггов-Вульфа (1). Вычисленные из данных дебаеграммы величины $d/n$ будут зависеть только лишь от структуры вещества.

Абсолютная интенсивность линий дебаеграммы обусловливается не только структурой и составом вещества, но также и условиями получения снимка. Относительная же интенсивность определяется только структурой и составом вещества (при методике съемки, описанной выше). Обычно концы дебаеграммы больше покрыты вуалью, чем середина. Это обстоятельство понижает резкость линий при больших углах и вызывает более низкие оценки относительной интенсивности. При длительных экспозициях вуаль становится больше, и это обстоятельство нужно учитывать. Однако при сравнении дебаеграмм достаточно визуального определения относительной интенсивности; поэтому в большинстве случаев вуаль не играет существенной роли при определении относительной интенсивности.

Таким образом для дебаеграммы данного вещества постоянными и независимыми от условий съемки являются расстояния $d/n$ — между плоскими сетками, которые вычисляются из углов отблеска, $\theta$ и относительные интенсивности линий. При сравнении дебаеграмм или при применении эталонных дебаеграмм для установления присутствия тех или иных веществ в смеси не все линии имеют одинаково важное значение. Большее значение, разумеется, имеют наиболее интенсивные линии. Во-первых, потому что для них можно более точно определить углы отблеска и, во-вторых, потому что при малой экспозиции или при небольшом количестве какого-либо вещества в смеси на дебаеграмме будут появляться лишь наиболее интенсивные линии. С другой стороны, при быстром сравнении важно установить совпадение лишь для нескольких наиболее характерных линий. Поэтому оказывается целесообразным выделять для каждого вещества несколько наиболее характерных, интенсивных линий. Эту совокупность линий мы будем называть „комплексом характерных линий" данного вещества, наличие его на дебаеграмме смеси будет необходимым для того, чтобы с несомненностью говорить о присутствии данного вещества в смеси.

Комплекс характерных линий дебаеграммы вещества можно определять двояко. Или — как линии дебаеграммы вещества, которые имеют относительную интенсивность по десятибалльной шкале больше, например, чем 5, или же как некоторое определенное число, например 10 наиболее интенсивных линий. В обоих случаях отбираются наиболее интенсивные и следовательно наиболее важные линии дебаеграммы.

При первом определении комплекса характерных линий дебаеграммы вещества для различных веществ характерный комплекс линий будет составляться из различного числа линий. Это обстоятельство будет затруднять сравнение дебаеграмм. Кроме того, так как на дебаеграмме обычно относительная интенсивность

определяется визуально, определение относительной интенсивности какой-либо линии баллом 4 или 5 — условно. На дебаеграммах одного и того же вещества, полученных при различной экспозиции или различном характере проявления, могут быть допущены различные определения интенсивности одной и той же линии. Эти колебания в определении относительной интенсивности возможны в пределах одного или даже двух баллов в ту или другую сторону. Вследствие этого при первом определении комплекса характерных линий не будет четкой границы для числа линий характерного комплекса на дебаеграммах одного и того же вещества.

При втором определении для комплекса характерных линий устанавливается определенное число линий. Определенность числа линий в комплексе облегчает обращение с дебаеграммами. При составлении комплекса сначала отбираются линии с интенсивностью 10 баллов, затем 9, 8 и т. д. При этом для последних линий комплекса отбор становится затруднительным. Если, например, для комплекса уже отобрано 8 линий, а дальше следуют несколько линий одинаковой интенсивности, то отбор производится по дополнительным признакам, которые основаны не на относительной интенсивности, а на особенности расположения и связанном с этим удобстве сравнения. Такими дополнительными признаками являются следующие: во-первых, — образование посредством данной линии дуплетов (т. е. близко расположенных друг к другу линий) как с линиями, уже вышедшими в комплекс, так и с линиями, стоящими на очереди к отбору в характерный комплекс; во-вторых, — расположение данной линии в области большого промежутка между линиями, уже отобранными в комплекс; в третьих, здесь оказывается предпочтение линиям, которые вызваны излучением $K_\alpha$.

Мы остановились на втором определении комплекса характерных линий как на более определенном и удобном. Комплекс характерных линий будет появляться на дебаеграмме даже при небольших количествах примеси данного вещества и тем самым расширит область применения рентгенометрического метода минералогического анализа. Линии характерного комплекса обусловливаются наиболее важными плоскими сетками структуры данного вещества. Величины $d/n$ — расстояний между плоскими сетками кристалла, соответствующие линиям характерного комплекса, независимы от условий съемки дебаеграммы, являются постоянными для данного вещества и изменяются лишь с изменением структуры вещества.

Комплексы характерных линий дебаеграмм являются своего рода константами для данных веществ. Ими можно пользоваться для определения состава вещества наряду со всеми другими константами.

При установлении какого-либо вещества в смеси по дебаеграммам помимо совпадения линий характерного комплекса нужно проверять совпадение или отсутствие всех остальных линий эталонной дебаеграммы. Такая проверка облегчает дальнейшую расшифровку состава смеси.

## 2. Схема описания эталонных дебаеграмм

При описании эталонных дебаеграмм выдерживается следующая схема.

**a. Структура минерала по литературным данным.**
**b. Условия получения снимков.**
**c. Характер полученных дебаеграмм.**
**d. Таблица относительных интенсивностей и углов отблеска для дебаеграммы минерала с каменной солью.**

Эта таблица содержит следующие графы.

1. №№ пар линий.
2. Относительные интенсивности по десятибалльной шкале.
3. $2l_3$
4. $2l_2$ } трехкратный промер расстояний между симметричными линиями на
5. $2l_1$ } дебаеграмме.
6. Максимальные расхождения $\Delta 2e$ при трехкратном измерении.
7. Среднее расстояние $2e$ между симметричными линиями из трех промеров.

8. Углы отблеска $\theta'_{изм}$. Угол $\theta'_{изм}$ вычисляется из расстояний между симметричными линиями по формуле (2).

9. Относительные интенсивности $I_{NaCl}$ для линий дебаеграммы каменной соли.

10. Углы отблеска $\theta_{NaCl}$, теоретически вычисленные для линий каменной соли.

11. Поправки $\Delta\theta_{NaCl} = \theta_{изм} - \theta_{NaCl}$ для линий каменной соли.

На основании данных этой графы строится диаграмма 1 зависимости $\Delta\theta_{NaCl}$ от угла отблеска $\theta_{изм}$. На этой диаграмме по оси абсцисс откладываются величины углов отблеска $\theta_{изм}$, а по оси ординат — величины $\Delta\theta_{NaCl}$.

12. Поправки $\Delta\theta'_K$ для углов отблеска линий характерного комплекса данного минерала. Величины $\Delta\theta'_K$ определяются графически по кривой диаграммы 1. Линии характерного комплекса устанавливаются предварительно по дебаеграмме данного минерала без каменной соли.

13. Исправленные углы комплекса $\theta_K = \theta_{изм} - \Delta\theta'_K$ для линий характерного комплекса минерала.

***е.* Диаграмма для определения поправок $\Delta\theta'_K$ для линий характерного комплекса минерала с каменной солью.**

***f.* Таблица относительных интенсивностей линий, углов отблеска $\theta$ и расстояний между плоскими сетками для дебаеграммы чистого минерала.** Первые 8 граф соответствуют таковым таблицы для дебаеграммы минерала с каменной солью.

Последующие графы содержат такие данные:

9. Углы отблеска $\theta'_K$ для линий характерного комплекса минерала, полученные из дебаеграммы минерала с каменной солью.

10. Поправки $\Delta\theta_K = \theta_{изм} - \theta'_K$ для линий характерного комплекса. На основании данных этой графы составляется диаграмма зависимости величин $\Delta\theta_K$ от угла отблеска $\theta_{изм}$.

11. Поправки $\Delta\theta$ для всех линий дебаеграммы минерала, в том числе и для линий характерного комплекса. Величина поправок определяется по диаграмме II.

12. Исправленные углы отблеска $\theta_{испр} = \theta_{изм} - \Delta\theta$ для всех линий дебаеграммы минерала.

13. Sin $\theta$.

14. Величины расстояний $d_\alpha/n$ между плоскими сетками в предположении, что все линии вызваны излучением $K_\alpha$Fe. Вычисление производится по формуле Браггов-Вульфа (1).

15. Величины расстояний $d_\beta/n$ между плоскими сетками в предположении, что все линии вызваны излучением $K_\beta$Fe.

Решение вопроса о том, какие линии вызваны излучением $K_\beta$Fe, основано на следующих соображениях. Излучение $K_\alpha$Fe приблизительно в 3 раза интенсивнее, чем излучение $K_\beta$Fe. Поэтому, если от данной серии плоских сеток с расстоянием $\frac{d}{n}$ на дебаеграмме имеется линия, вызванная излучением $K_\beta$Fe, то от этой же серии плоских сеток должна также присутствовать линия, вызванная излучением $K_\alpha$Fe (в области больших углов отблеска это соотношение может не иметь места, так как на дебаеграмме наибольшие углы доходят лишь до 73 — 75°). Первая из этих линий будет иметь $d_\beta/n$, равное $d_\alpha/n$ для второй линии. И обратно, линия дебаеграммы, которая имеет $d_\beta/n$, равное $d_\alpha/n$ какой-либо другой линии, весьма вероятно, вызвана излучением $K_\beta$Fe. Притом относительная интенсивность первой линии должна быть меньше интенсивности второй линии. После того как указанным образом установлены все линии $K_\beta$Fe и им соответствующие интенсивные $K_\alpha$Fe, можно считать, что все остальные линии вызваны излучением $K_\alpha$Fe (опять-таки за исключением области дебаеграммы с большими углами отблеска, где среди этих линий могут быть линии излучения $K_\beta$Fe). В таблицах для линий, вызванных излучением $K_\beta$Fe, величины $d_\alpha/n$ поставлены в сплошные круглые скобки или отмечена лишь одна круглая скобка с левой стороны, если $d_\beta/n$ этой линии отличается от $d_\alpha/n$ какой то другой линии на 5—10 единиц второго после запятой знака. Одна скобка

ставится также и в тех случаях, когда относительная интенсивность линии с $d_\beta/n = d_\alpha/n$—для другой линии больше, чем у этой последней. Здесь, вероятно, большая интенсивность получается вследствие наложения какой то еще другой линии.

Ясно, что к такому установлению линий $K_\beta$Fe излучения нужно относиться с некоторой осторожностью, так как не исключены возможности чисто случайных совпадений.

**g. Диаграмма для определения поправок $\Delta\theta$ для всех линий минерала.**
**h. Характерный комплекс линий дебаеграммы минерала.**
**i. Фотографии эталонных дебаеграмм, приведенные в конце работы на** стр. 76 и 77.

### 3. Эталонные дебаеграммы минералов

Прежде чем перейти к непосредственному описанию эталонных дебаеграмм минералов, приведем здесь величины углов отблеска, вычисленные теоретически для каменной соли. На таблице 3 приведены относительные интенсивности, углы отблеска и символы плоских сеток, дающих отражения для каменной соли. Относительные интенсивности были непосредственно определены из дебаеграммы каменной соли, а углы отблеска вычислены по формуле (3) при величине параметра 5,628 Å, который дает V. M. Goldschmidt (14) для ребра ячейки естественной каменной соли. Величины углов отблеска вычислены с точностью до одной минуты, что вполне достаточно для применения этих величин для сравнения и введения поправок для дебаеграмм.

Углы отблеска, приведенные в таблице 3, совпадают с углами отблеска $\theta$, которые были найдены аналогичным же вычислением сотрудниками рентгеновской лаборатории ЦНИГРИ Е. Ф. Алексеевой и Г. А. Ковалевым.

На дебаеграммах минералов с каменной солью выступают обычно не все из указанных в этой таблице линии каменной соли, а лишь наиболее интенсивные. Углы отблеска для наиболее интенсивных линий таблицы 3 используются в качестве основных данных для введения поправок для всех минералов.

Таблица 3

**Относительные интенсивности линий дебаеграммы каменной соли и теоретически вычисленные углы отблеска $\theta$**

| №№ пар линий | Относит. интенсивн. $I$ | Углы отблеска $\theta$ | Символ плоских сеток $hkl$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 17°19′ | 111$\alpha$ |
| 2 | 4 | 18 09 | 200$\beta$ |
| 3 | 9 | 20 06 | 200$\alpha$ |
| 4 | 3 | 26 08 | 220$\beta$ |
| 5 | 10 | 29 05 | 220$\alpha$ |
| 6 | 2 | 32 39 | 222$\beta$ |
| 7 | 1 | 34 44 | 311$\alpha$ |
| 8 | 6 | 36 32 | 222$\alpha$ |
| 9 | 1 | 38 32 | 400$\beta$ |
| 10 | 4 | 43 25 | 400$\alpha$ |
| 11 | 2 | 44 09 | 420$\beta$ |
| 12 | 1 | 48 30 | 331$\alpha$ |
| 13 | 2 | 49 44 | 422$\beta$ |
| 14 | 10 | 50 13 | 420$\alpha$ |
| 15 | 10 | 57 19 | 422$\alpha$ |
| 16 | 1 | 61 47 | 440$\beta$ |
| 17 | 2 | 63 14 | 333; 511$\alpha$ |
| 18 | 4 | 69 08 | 600; 442$\beta$ |

**Благородная шпинель** $Al_2O_4Mg$.
Горный музей № 394/1

а. Структура минерала по литературным данным. Сингония кубическая. Полная структура определена W. H. Bragg (15) и S. Nichikawa (16), в дальнейшем подтверждена работой S. Holgerrson (17), охватывающей всю группу шпинели, и работами других авторов. Наиболее вероятная пространственная группа симметрии $100a = O_h^7$; величина ребра ячейки $a_w = 8{,}09$ Å. В элементарной ячейке содержится восемь молекул. Атомы Mg образуют решетку алмаза — две центрогранные решетки, сдвинутые одна относительно другой на четверть диагонали куба; одна



ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОРНЫЙ

из этих решеток ограничивает элементарную ячейку благородной шпинели. Атомы кислорода составляют центрогранную решетку с половинным ребром куба, вставленную в решетку Mg таким образом, что каждый атом магния окружается четырьмя атомами кислорода. Атомы Al находятся в просветах между шестью атомами кислорода.

b. Условия получения снимков. Дебаеграммы благородной шпинели и благородной шпинели с 15% каменной соли получены в одной и той же камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*. Экспозиция для обеих дебаеграмм — 18 часов, при средней силе тока в трубке 7 mA.

c. Характер полученных дебаеграмм. Обе дебаеграммы имеют тонкие и четкие интерференционные линии. Вуаль на обеих дебаеграммах незначительная. На дебаеграмме благородной шпинели получена 21 линия, на дебаеграмме благородной шпинели с 15% каменной соли — 31 линия, из них 12 линий принадлежало

Таблица 4

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta'_{изм}$ | NaCl | | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | $I$ | $\theta_{NaCl}$ | | | |
| 1 | 2 | 20,45 | 20,45 | 20,50 | 0,05 | 20,47 | 12°45′ | | | | 45′ | 12°00′ |
| 2 | 1 | 28,95 | 28,90 | 28,90 | 0,05 | 28,92 | 18 01 | 2 | 17°19′ | 42′ | | |
| 3 | 3 | 30,25 | 30,25 | 30,25 | 0,00 | 30,25 | 18 50 | 4 | 18 09 | 41 | | |
| 4 | 3 | 32 95 | 32,90 | 32,85 | 0,10 | 32,90 | 20 29 | | | | 45 | 19 44 |
| 5 | 9 | 33,45 | 33,45 | 33,45 | 0,00 | 33,45 | 20 50 | 9 | 20 06 | 44 | | |
| 6 | 3 | 34,95 | 34,95 | 34,95 | 0,00 | 34,95 | 21 46 | | | | | |
| 7 | 10 | 38,65 | 38,65 | 38,70 | 0,05 | 38,67 | 24 05 | | | | 42 | 23 21 |
| 8 | 3 | 42,40 | 42,40 | 42,40 | 0,00 | 42,40 | 26 24 | | | | | |
| 9 | 3 | 43,05 | 43,00 | 43,10 | 0,10 | 43,05 | 26 49 | 3 | 26 08 | 41 | | |
| 10 | 10 | 47,05 | 47,00 | 47,00 | 0,05 | 47,03 | 29 17 | | | | 39 | 28 38 |
| 11 | 10 | 47,85 | 47,80 | 47,80 | 0,05 | 47,82 | 29 47 | 10 | 29 05 | 42 | | |
| 12 | 2 | 52,65 | 52,65 | 52,60 | 0,05 | 52,63 | 32 46 | | | | | |
| 13 | 2 | 53,50 | 53,45 | 53,45 | 0,05 | 53,47 | 33 18 | 2 | 32 39 | 39 | | |
| 14 | 4 | 56,20 | 56,15 | 56,20 | 0,05 | 56,18 | 34 59 | | | | | |
| 15 | 3 | 58,70 | 58,60 | 58,75 | 0,15 | 58,68 | 36 32 | | | | | |
| 16 | 5 | 59,70 | 59,70 | 59,75 | 0,05 | 59,72 | 37 11 | 6 | 36 32 | 39 | | |
| 17 | 3 | 61,80 | 61,70 | 61,85 | 0,15 | 61,78 | 38 28 | | | | | |
| 18 | 10 | 62,85 | 62,85 | 62,90 | 0,05 | 62,87 | 39 09 | | | | 37 | 38 32 |
| 19 | 10 | 69,40 | 69,45 | 69,40 | 0,05 | 69,42 | 43 14 | | | | 36 | 42 38 |
| 20 | 3 | 70,70 | 70,65 | 70,65 | 0,05 | 70,67 | 44 00 | 4 | 43 25 | 35 | | |
| 21 | 2 | 72,00 | 72,10 | 72,00 | 0,10 | 72,03 | 44 51 | 2 | 44 09 | 42 | | |
| 22 | 1 | 73,65 | 73,80 | 73,80 | 0,15 | 73,75 | 45 55 | | | | | |
| 23 | 9 | 81,55 | 81,55 | 81,65 | 0,10 | 81,58 | 50 48 | 10 | 50 13 | 35 | | |
| 24 | 6 | 84,05 | 84,00 | 84,10 | 0,10 | 84,05 | 52 20 | | | | 35 | 51 45 |
| 25 | 6 | 90,70 | 90,85 | 90,85 | 0,15 | 90,80 | 56 32 | | | | 34 | 55 58 |
| 26 | 8 | 92,95 | 93,00 | 92,95 | 0,05 | 92,97 | 57 53 | 10 | 57 19 | 34 | | |
| 27 | 4 | 95,25 | 95,30 | 95,20 | 0,10 | 95,25 | 59 18 | | | | 34 | 58 44 |
| 28 | 2 | 97,80 | 97,90 | 98,85 | 0,10 | 98,85 | 60 56 | | | | | |
| 29 | 6 | 102,95 | 102,95 | 102,95 | 0,00 | 102,95 | 64 07 | | | | 34 | 63 33 |
| 30 | 10 | 108,05 | 108,05 | 108,05 | 0,00 | 108,05 | 67 17 | | | | 33 | 66 44 |
| 31 | 2 | 111,95 | 111,85 | 111,90 | 0,10 | 111,90 | 69 41 | 4 | 69 08 | 33 | — | — |

каменной соли. У обеих дебаеграмм на некоторых линиях благородной шпинели имеется целый ряд выделяющихся по своей интенсивности точек, что свидетельствует о недостаточно хорошем растирании порошка благородной шпинели.

d. Таблица 4. Относительные интенсивности и углы отблеска для дебаеграммы благородной шпинели с 15% каменной соли.

e. Диаграмма (рис. 4). Кривая поправок для дебаеграммы благородной шпинели с 15% NaCl.

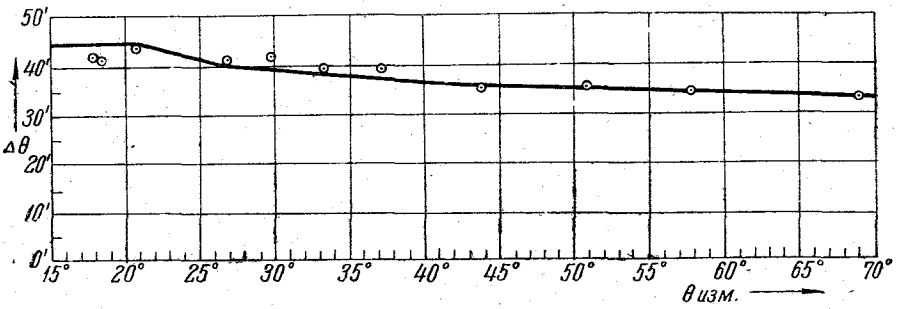



Рис. 4.

Таблица 5

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\frac{\Delta\theta_k}{\theta\Delta}$ | | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{\lambda_\alpha}{d_\alpha}=\frac{n}{2\sin\theta}$ | $\frac{\lambda_\beta}{d_\beta}=\frac{2}{2\sin\theta}$ | $hkl$ | $a_w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 20,40 | 20,40 | 20,40 | 0,00 | 20,40 | 12°42′ | 12°00′ | 40 | 43 | 11°59′ | 0,203 | 4,66 | (4,22) | 111α | 8,07 |
| 2 | 2 | 29,80 | 29,75 | 29,85 | 0,15 | 29,80 | 18 34 | | | 44 | 17 50 | 0,306 | (3,16) | 2,86 | 220β | 8,10 |
| 3 | 6 | 32,90 | 32,85 | 32,85 | 0,05 | 32,87 | 20 28 | 19 44 | 44 | 44 | 19 44 | 0,338 | 2,864 | (2,596) | 220α | 8,10 |
| 4 | 5 | 34,95 | 34,95 | 34,95 | 0,00 | 34,95 | 21 46 | | | 44 | 21 02 | 0,359 | (2,694) | 2,444 | 311β | 8,099 |
| 5 | 9 | 38,65 | 38,65 | 38,65 | 0,00 | 38,65 | 24 04 | 23 21 | 43 | 43 | 23 21 | 0,396 | 2,441 | (2,213) | 311α | 8,092 |
| 6 | 4 | 42,40 | 42,30 | 42,40 | 0,10 | 42,37 | 26 23 | | | 41 | 25 42 | 0,434 | (2,230) | 2,021 | 400β | 8,084 |
| 7 | 9 | 46,95 | 47,00 | 46,95 | 0,05 | 46,97 | 29 15 | 20 38 | 37 | 39 | 28 36 | 0,479 | 2,020 | (1,831) | 400α | 8,080 |
| 8 | 2 | 52,55 | 52,60 | 52,55 | 0,05 | 52,57 | 32 44 | | | 37 | 32 07 | 0,532 | (1,819) | 1,649 | 422β | 8,078 |
| 9 | 5 | 56,05 | 56,10 | 56,10 | 0,05 | 56,08 | 34 55 | | | 35 | 34 20 | 0,564 | (1,715) | 1,554 | 511β<br>333β | 8,080 |
| 10 | 5 | 58,60 | 58,65 | 58,60 | 0,05 | 58,62 | 36 30 | | | 34 | 35 56 | 0,587 | 1,648 | (1,494) | 422α | 8,067 |
| 11 | 4 | 61,80 | 61,80 | 61,75 | 0,05 | 61,78 | 38 28 | | | 33 | 37 55 | 0,615 | (1,574) | 1,426 | 440β | 8,072 |
| 12 | 9 | 62,80 | 62,75 | 62,85 | 0,10 | 62,80 | 39 06 | 38 32 | 34 | 33 | 38 33 | 0,623 | 1,552 | (1,407) | 511α<br>333α | 8,064 |
| 13 | 10 | 69,35 | 69,30 | 69,40 | 0,10 | 69,35 | 43 11 | 42 38 | 33 | 32 | 42 39 | 0,678 | 1,427 | (1,293) | 440α | 8,072 |
| 14 | 3 | 73,35 | 73,35 | 73,35 | 0,00 | 73,35 | 45 52 | | | 30 | 45 22 | 0,712 | (1,359) | 1,232 | 533β | 8,079 |
| 15 | 3 | 79,60 | 79,65 | 79,70 | 0,10 | 79,65 | 49 36 | | | 29 | 49 07 | 0,756 | 1,279 | (1,159) | 620α | 8,089 |
| 16 | 7 | 83,90 | 83,90 | 83,90 | 0,00 | 83,90 | 52 14 | 51 45 | 29 | 28 | 51 46 | 0,786 | 1,231 | (1,116) | 533α | 8,072 |
| 17 | 6 | 90,60 | 90,70 | 90,70 | 0,10 | 90,67 | 56 28 | 55 58 | 30 | 27 | 56 01 | 0,829 | 1,166 | (1,057) | 444α | 8,078 |
| 18 | 5 | 95,00 | 95,05 | 95,00 | 0,05 | 95,02 | 59 10 | 58 44 | 26 | 26 | 68 44 | 0,855 | 1,131 | (1,025) | 551α<br>711α | 8,077 |
| 19 | 2 | 97,30 | 97,35 | 97,40 | 0,10 | 37,35 | 60 37 | | | 25 | 60 12 | 0,868 | (1,114) | 1,010 | 800β | 8,080 |
| 20 | 6 | 102,70 | 102,70 | 102,70 | 0,00 | 102,70 | 63 57 | 63 33 | 24 | 25 | 63 32 | 0,895 | 1,080 | 0,979 | 642α | 8,082 |
| 21 | 10 | 107,80 | 107,85 | 107,85 | 0,05 | 107,83 | 67 08 | 66 44 | 24 | 24 | 66 44 | 0,919 | 1,053 | (0,954) | 731α<br>553α | 8,082 |

$a_w$ среднее = 8,081 Å

$\Delta a_w$ max = $\begin{matrix}+0{,}019\text{ Å}\\-0{,}017\text{ Å}\end{matrix}$

f. Таблица 5. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для дебаеграммы благородной шпинели.

g. Диаграмма (рис. 5). Кривая поправок для дебаеграммы благородной шпинели.

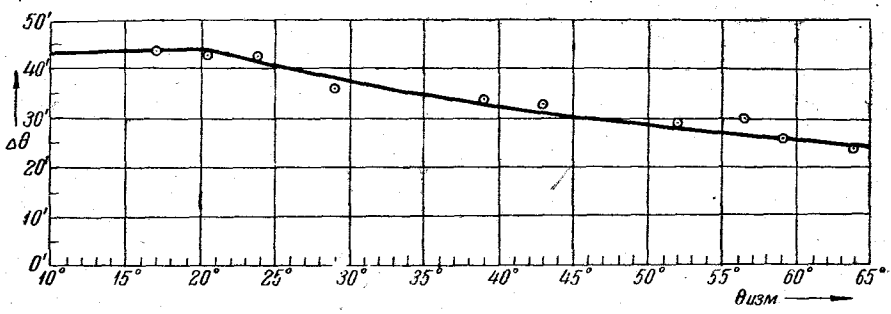



Рис. 5.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы благородной шпинели. Все 10 линий характерного комплекса дебаеграммы благородной шпинели вызваны излучением $K_\alpha$Fe.

Линия 18 таблицы 5, которая входит в состав комплекса, имеет относительную интенсивность, приблизительно равную с интенсивностями линий 4, 9, 10 (по той же таблице). Предпочтение оказано линии 18 при отборе комплекса характерных линий, потому что линии 4 и 9 — вызваны излучением $K_\beta$Fe; с другой стороны линия 10 имеет соответственную линию с приблизительно равной интенсивностью на дебаеграмме магнетита, в то время как на дебаеграмме магнетита линия, соответствующая линии 18 благородной шпинели, обладает значительно меньшей интенсивностью.

Таблица 6

**Относительные интенсивности, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы благородной шпинели**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n = \frac{\lambda\alpha}{2\sin\theta}$ | $hkl$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n = \frac{\lambda\alpha}{2\sin\theta}$ | $hkl$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 19°44′ | 0,338 | 2,864 | 220 | 7 | 6 | 56 01 | 0,829 | 1,166 | 444 |
| 2 | 9 | 23 21 | 0,396 | 2,441 | 311 | 8 | 5 | 58 44 | 0,855 | 1,131 | 551 |
| 3 | 9 | 28 36 | 0,479 | 2,020 | 400 | | | | | | 711 |
| 4 | 9 | 38 33 | 0,623 | 1,552 | 511 | 9 | 6 | 63 32 | 0,895 | 1,080 | 642 |
| | | | | | 333 | 10 | 10 | 66 44 | 0,919 | 1,053 | 731 |
| 5 | 10 | 42 39 | 0,678 | 1,427 | 440 | | | | | | 553 |
| 6 | 7 | 51 46 | 0,786 | 1,231 | 533 | | | | | | |

**Магнетит** $Fe_2O_4Fe$. Горный Музей № 405/12

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония кубическая. Полная структура дана W. H. Bragg (15) и S. Nichikawa (16) и в дальнейшем подтверждена работами целого ряда авторов: S. Holgersson (17), R. M. Bozorth (18) и другими. Наиболее вероятная пространственная группа симметрии $100a = O_h^7$. Величина ребра ячейки $a_w = 8{,}41$Å. Структура магнетита аналогична структуре благородной шпинели. Как и у благородной шпинели, в элементарной ячейке содержится 8 молекул. Атомы двухвалентного железа занимают положение Mg, а атомы трехвалентного железа — положение атомов Al в структуре благородной шпинели.

b. Условия получения снимков. Дебаеграмма магнетита получена в камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*. Экспозиция составляла 11 *час* при силе тока в трубке — 7 mA. Дебаеграмма магнетита с примесью 25% каменной

соли, необходимая для введения поправок, получена в тех же условиях при экспозиции 16 *час.*

c. Характер полученных дебаеграмм. Обе дебаеграммы имеют четкие интерференционные линии. На дебаеграмме магнетита получено 24 линии, для которых можно было найти соответствующие им индексы плоских сеток; кроме того на дебаеграмме магнетита присутствуют 3 очень слабых линии, не имеющие соответствующих плоских сеток, которые удовлетворяли бы найденному значению параметра. Эти слабые линии обусловлены вероятно примесями к магнетиту и не помещены в приведенные ниже таблицы. На дебаеграмме магнетита с 25% NaCl получено 23 линии, из них 15 линий относятся к магнетиту, 6 линий — к каменной соли и 2 линии представляют наложение линий каменной соли на линии магнетита.

d. Таблица 7. Относительные интенсивности и углы отблеска для линий дебаеграммы магнетита с 25% NaCl.

Таблица 7

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl | | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_К$ | $\theta_К$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | $I$ | $\theta_{NaCl}$ | | | |
| 1 | 3 | 28,90 | 28,90 | 28,85 | 0,05 | 28,88 | 17°59′ | | | | | |
| 2 | 1 | 30,60 | 30,50 | 30,50 | 0,10 | 30,53 | 19 01 | 4 | 18°09′ | 52′ | | |
| 3 | 5 | 31,85 | 31,80 | 31,80 | 0,05 | 31,82 | 19 43 | | | | 55′ | 18°48′ |
| 4 | 6 | 33,70 | 33,65 | 33,55 | 0,15 | 33,63 | 20 56 | 9 | 20 06 | 50 | совпад. | с NaCl |
| 5 | 10 | 37,30 | 37,20 | 37,25 | 0,10 | 37,25 | 23 11 | | | | 49 | 22 23 |
| 6 | 2 | 38,95 | 38,90 | 38,95 | 0,05 | 38,93 | 24 14 | | | | | |
| 7 | 3 | 40,80 | 40,90 | 40,85 | 0,10 | 40,85 | 25 26 | | | | | |
| 8 | 2 | 43,30 | 43,35 | 43,30 | 0,05 | 43,32 | 26 58 | 3 | 26 08 | 50 | | |
| 9 | 7 | 45,20 | 45,20 | 45,15 | 0,05 | 45,18 | 28 08 | | | | 41 | 27 27 |
| 10 | 4 | 47,80 | 47,80 | 47,80 | 0,00 | 47,80 | 29 45 | 10 | 29 05 | 40 | | |
| 11 | 3 | 53,85 | 53,85 | 53,85 | 0,00 | 53,85 | 33 32 | | | | | |
| 12 | 5 | 56,25 | 56,15 | 56,25 | 0,10 | 56,22 | 35 01 | | | | 33 | 34 28 |
| 13 | 8 | 60,05 | 60,00 | 60,05 | 0,05 | 60,03 | 37 23 | 6 | 36 32 | 51 | совпад. | с NaCl |
| 14 | 10 | 66,30 | 66,25 | 66,30 | 0,05 | 66,28 | 41 16 | | | | 29 | 40 47 |
| 15 | 2 | 70,30 | 70,50 | 70,50 | 0,20 | 70,43 | 43 51 | 4 | 43 25 | 26 | | |
| 16 | 3 | 75,95 | 75,90 | 75,85 | 0,10 | 75,90 | 47 16 | | | | | |
| 17 | 4 | 79,70 | 79,65 | 79,60 | 0,10 | 79,65 | 49 36 | | | | 25 | 49 11 |
| 18 | 3 | 81,20 | 81,25 | 81,15 | 0,10 | 81,20 | 50 34 | 10 | 50 13 | 21 | | |
| 19 | 3 | 86,10 | 86,00 | 86,05 | 0,10 | 86,05 | 53 35 | | | | | |
| 20 | 2 | 92,55 | 92,70 | 92,65 | 0,15 | 92,63 | 57 41 | 10 | 57 19 | 22 | | |
| 21 | 2 | 96,45 | 96,45 | 96,45 | 0,00 | 96,45 | 60 30 | | | | | |
| 22 | 7 | 100,80 | 100,75 | 100,70 | 0,10 | 100,75 | 62 44 | | | | 20 | 62 24 |
| 23 | 5 | 108,80 | 108,85 | 108,85 | 0,05 | 108,83 | 67 46 | | | | 19 | 67 27 |

e. Диаграмма (рис. 6). Кривая поправок для дебаеграммы магнетита с 25% каменной соли. На диаграмме не показана точка, соответствующая линии каменной соли, которая совпадает с интенсивной линией магнетита, так как она дает неправильную — далеко отклоняющуюся от кривой диаграммы величину поправки.

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм.}$ | $\theta_К$ | $\Delta\theta_К$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | | |
| 1 | 1 | 23,00 | 23,25 | 23,00 | 0,25 | 23,08 | 14°22′ | | |
| 2 | 3 | 28,80 | 28,80 | 28,80 | 0,00 | 28,80 | 17 56 | | |
| 3 | 6 | 31,70 | 31,80 | 31,70 | 0,10 | 31,73 | 19 45 | 18°48′ | 57′ |
| 4 | 5 | 33,75 | 33,80 | 33,75 | 0,05 | 33,77 | 21 01 | совпад. с NaCl | |
| 5 | 10 | 37,20 | 37,20 | 37,15 | 0,05 | 37,18 | 23 09 | 22 22 | 47 |
| 6 | 3 | 38,90 | 38,85 | 38,90 | 0,05 | 38,88 | 24 13 | | |
| 7 | 3 | 40,85 | 40,85 | 40,80 | 0,05 | 40,83 | 25 25 | | |
| 8 | 7 | 45,15 | 45,20 | 45,10 | 0,10 | 45,15 | 28 07 | 27 27 | 40 |
| 9 | 2 | 50,60 | 50,50 | 50,60 | 0,10 | 50,57 | 31 29 | | |
| 10 | 4 | 53,95 | 53,90 | 54,00 | 0,10 | 53,95 | 33 22 | | |
| 11 | 5 | 56,20 | 56,20 | 56,15 | 0,05 | 56,18 | 34 59 | 34 38 | 31 |
| 12 | 2 | 59,20 | 59,25 | 59,10 | 0,15 | 59,18 | 36 51 | | |
| 13 | 9 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 0,00 | 60,00 | 37 22 | совпад. с NaCl | |
| 14 | 9 | 66,30 | 66,40 | 66,30 | 0,10 | 66,33 | 41 18 | 40 47 | 31 |
| 15 | 2 | 70,20 | 70,30 | 70,20 | 0,10 | 70,23 | 43 44 | | |
| 16 | 3 | 76,10 | 76,00 | 76,00 | 0,10 | 76,03 | 47 30 | | |
| 17 | 5 | 79,80 | 79,75 | 79,85 | 0,10 | 79,80 | 49 41 | 49 11 | 30 |
| 18 | 2 | 80,95 | 80,80 | 80,95 | 0,15 | 80,90 | 50 22 | | |
| 19 | 3 | 86,10 | 85,95 | 86,05 | 0,15 | 86,03 | 53 34 | | |
| 20 | 1 | 89,85 | 89,70 | 89,80 | 0,15 | 89,78 | 55 53 | | |
| 21 | 1 | 92,10 | 92,20 | 92,20 | 0,10 | 92,17 | 57 23 | | |
| 22 | 4 | 96,70 | 96,65 | 96,50 | 0,20 | 96,62 | 60 10 | | |
| 23 | 8 | 100,80 | 100,85 | 100,80 | 0,05 | 100,82 | 62 47 | 62 24 | 23 |
| 24 | 6 | 109,00 | 108,95 | 109,00 | 0,05 | 108,98 | 67 51 | 67 27 | 24 |

| $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_\alpha}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_\beta}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ | $hkl$ | $a_w$ в Å |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 65′ | 13°17′ | 0,230 | 4,21 | (3,81) | 200 | 8,41 |
| 58 | 16 58 | 0,292 | (3,31) | 3,00 | 220$\beta$ | 8,48 |
| 53 | 18 52 | 0,323 | 2,988 | (2,708) | 220 | 8,468 |
| 52 | 20 09 | 0,344 | (2,807) | 2,544 | 311$\beta$ | 8,451 |
| 47 | 22 22 | 0,381 | 2,541 | (2,303) | 311 | 8,417 |
| 45 | 23 28 | 0,398 | 2,428 | (2,201) | 222 | 8,418 |
| 44 | 24 45 | 0,419 | (2,310) | 2,094 | 400$\beta$ | 8,368 |
| 40 | 27 27 | 0,461 | 2,098 | (1,901) | 400 | 8,388 |
| 36 | 30 53 | 0,513 | (1,884) | 1,708 | 331?<br>422$\beta$ | (8,212)<br>8,370 |
| 34 | 32 48 | 0,542 | (1,785) | 1,618 | 333$\beta$<br>511$\beta$ | 8,407 |
| 33 | 34 26 | 0,565 | 1,710 | (1,550) | 422 | 8,377 |
| 31 | 36 20 | 0,592 | (1,632) | 1,479 | 440$\beta$ | 8,373 |
| 31 | 36 51 | 0,600 | 1,612 | (1,462) | 511<br>333 | 8,376 |
| 29 | 40 49 | 0,654 | 1,479 | (1,341) | 440 | 8,378 |
| 28 | 43 16 | 0,685 | (1,411) | 1,279 | 531?<br>533$\beta$ | (8,347)<br>8,393 |
| 27 | 46 53 | 0,730 | 1,325 | (1,201) | 620 | 8,380 |
| 26 | 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | 533 | 8,374 |
| 26 | 49 56 | 0,765 | 1,264 | (1,145) | 622 | 8,384 |
| 25 | 53 09 | 0,800 | (1,209) | 1,095 | 444?<br>731$\beta$<br>553$\beta$ | (8,372)<br>8,418 |
| 24 | 55 29 | 0,824 | 1,174 | (1,064) | 711<br>551 | 8,384 |
| 24 | 56 59 | 0,839 | (1,153) | (1,045) | 800$\beta$ | 8,368 |
| 24 | 59 46 | 0,864 | 1,119 | (1,015) | 642 | 8,374 |
| 23 | 62 24 | 0,886 | 1,091 | (0,991) | 731<br>553 | 8,388 |
| 22 | 67 29 | 0,924 | 1,047 | (0,949) | 800 | 8,368 |

$a_w$ среднее = 8,396 Å

$\Delta a_w$ max = $\begin{matrix}+0{,}084\ \text{Å}\\ -0{,}028\ \text{Å}\end{matrix}$

f. Таблица 8. Относительные интенсивности линий, углы отблеска и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для дебаеграммы магнетита. В последних двух

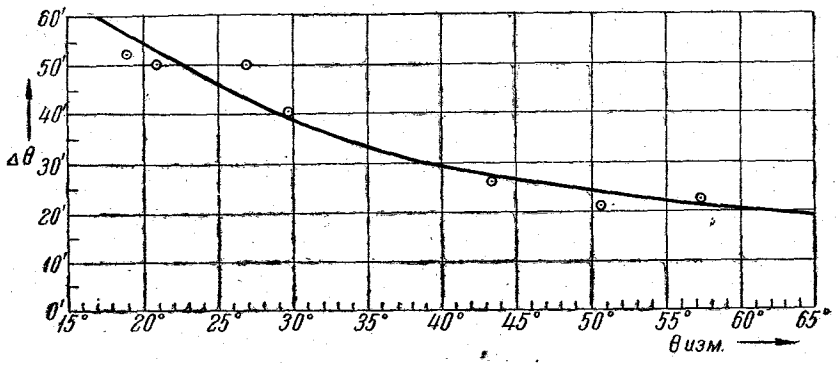



Рис. 6.

графах таблицы 8 приведены индексы плоских сеток и величины ребра куба элементарной ячейки магнетита, вычисленные для каждой линии дебаеграммы.

g. Диаграмма (рис. 7). Кривая поправок для дебаеграммы магнетита.

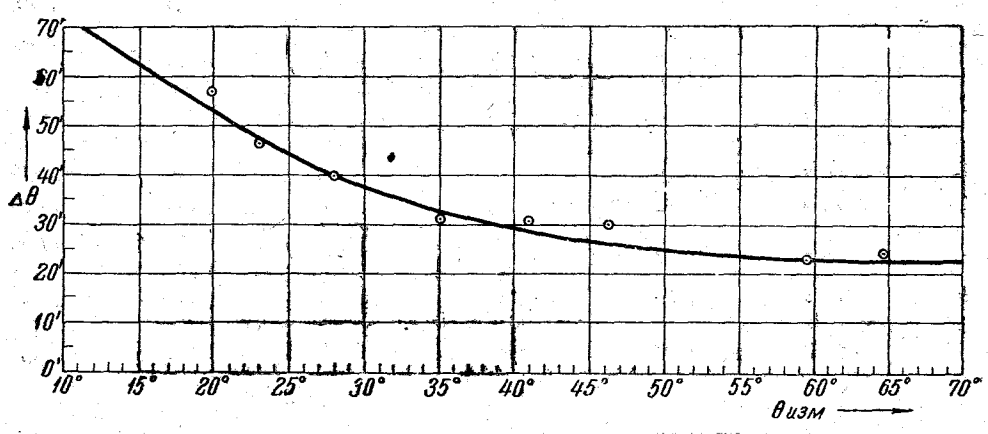



Рис. 7.

h. Характерный комплекс дебаеграммы магнетита. В число наиболее интенсивных линий дебаеграммы магнетита входят девять линий, вызванных излучением $K_\alpha$Fe и одна $311\beta$ — излучением $K_\beta$Fe.

Таблица 9

**Относительные интенсивности угла отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы магнетита**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n$ | $hkl$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n$ | $hkl$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 13°51′ | 0,323 | 2,988 | 220 | 7 | 9 | 40 49 | 0,654 | 1,479 | 440 |
| 2 | 5 | 20 09 | 0,344 | 2,544 | $311\beta$ | 8 | 5 | 49 15 | 0,758 | 1,277 | 533 |
| 3 | 10 | 22 22 | 0,381 | 2,541 | 311 | 9 | 8 | 62 24 | 0,886 | 1,091 | 731 |
| 4 | 7 | 27 27 | 0,461 | 2,098 | 400 | | | | | | 553 |
| 5 | 5 | 34 26 | 0,565 | 1,710 | 422 | 10 | 6 | 67 29 | 0,924 | 1,047 | 800 |
| 6 | 9 | 36 51 | 0,600 | 1,612 | 511 | | | | | | |
| | | | | | 333 | | | | | | |

## Гематит $Fe_2O_3$. Горный музей № 404/1

Образец Горного музея под этим номером назван магнезиоферритом и был предоставлен нам для получения дебаеграммы магнезиоферрита. Минерал магнезиоферрит (*или* магноферрит) состава $Fe_2O_4Mg$ является членом группы шпинели, относится к кубической сингонии и имеет структуру, аналогичную структуре благородной шпинели и магнетита, с ребром элементарной ячейки $a_w = 8{,}35$ Å. При индицировании дебаеграммы выяснилось, что на диаграмме для индицирования кубических кристаллов с центрогранной структурой нет такой горизонтальной прямой, на которой отношения расстояний $d/n$ между плоскими сетками совпали бы с теми же отношениями, найденными из дебаеграммы. Таким образом оказалось, что образец № 404/1 не имеет центрогранной структуры. В каталоге образцов Гор-

Таблица 10

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl | | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | $I$ | $\theta_{NaCl}$ | | | |
| 1 | 2 | 23,30 | 23,30 | 23,30 | 0,00 | 23,30 | 14°31′ | | | | | |
| 2 | 4 | 25,75 | 25,75 | 25,75 | 0,00 | 25,75 | 16 02 | | | | 48′ | 15°14′ |
| 3 | 1 | 29,05 | 29,15 | 29,10 | 0,10 | 29,10 | 18 07 | 2 | 17°19′ | 48′ | | |
| 4 | 2 | 30,40 | 30,45 | 30,40 | 0,05 | 30,42 | 18 56 | 4 | 18 09 | 47 | | |
| 5 | 3 | 31,60 | 31,60 | 31,60 | 0,00 | 31,60 | 19 41 | | | | | |
| 6 | 8 | 33,45 | 33,45 | 33,45 | 0,00 | 33,45 | 20 50 | 9 | 20 06 | 44 | | |
| 7 | 10 | 34,95 | 34,85 | 34,90 | 0,10 | 34,90 | 21 44 | | | | 45 | 20 59 |
| 8 | 10 | 37,50 | 37,45 | 37,40 | 0,10 | 37,45 | 23 19 | | | | 43 | 22 36 |
| 9 | 2 | 38,80 | 38,85 | 38,75 | 0,10 | 38,80 | 24 10 | | | | | |
| 10 | 8 | 43,00 | 42,95 | 43,00 | 0,00 | 42,98 | 26 45 | | | | 40 | 26 05 |
| 11 | 2 | 46,95 | 46,90 | 46,90 | 0,05 | 46,92 | 29 13 | | | | | |
| 12 | 8 | 47,80 | 47,80 | 47,80 | 0,00 | 47,80 | 29 46 | 10 | 29 05 | 41 | | |
| 13 | 2 | 51,25 | 51,20 | 51,20 | 0,05 | 51,21 | 31 53 | | | | | |
| 14 | 8 | 52,00 | 52,05 | 52,10 | 0,10 | 52,05 | 32 25 | | | | 36 | 31 49 |
| 15 | 10 | 56,95 | 57,00 | 56,95 | 0,05 | 56,97 | 35 28 | | | | 35 | 34 53 |
| 16 | 6 | 59,55 | 59,60 | 59,55 | 0,05 | 59,57 | 37 05 | 6 | 36 32 | 33 | | |
| 17 | 6 | 60,80 | 60,80 | 60,80 | 0,00 | 60,80 | 37 52 | | | | 34 | 37 18 |
| 18 | 9 | 66,20 | 66,15 | 66,20 | 0,05 | 66,18 | 41 13 | | | | 32 | 40 41 |
| 19 | 9 | 68,15 | 68,15 | 68,15 | 0,00 | 68,15 | 42 26 | | | | 32 | 41 54 |
| 20 | 3 | 70,65 | 70,60 | 70,55 | 0,10 | 70,60 | 43 58 | 4 | 43 25 | 33 | | |
| 21 | 3 | 74,50 | 74,55 | 74,45 | 0,10 | 74,50 | 46 23 | | | | | |
| 22 | 5 | 77,40 | 77,40 | 77,45 | 0,05 | 77,42 | 48 13 | | | | 30 | 47 43 |
| 23 | 6 | 81,50 | 81,50 | 81,50 | 0,00 | 81,50 | 50 45 | 10 | 50 13 | 32 | | |
| 24 | 1 | 85,75 | 85,70 | 85,60 | 0,15 | 85,68 | 53 21 | | | | | |
| 25 | 4 | 88,20 | 88,25 | 88,25 | 0,05 | 88,23 | 54 56 | | | | 29 | 54 27 |
| 26 | 3 | 91,30 | 91,20 | 91,30 | 0,10 | 91,27 | 56 50 | | | | | |
| 27 | 3 | 92,80 | 92,80 | 92,80 | 0,00 | 92,80 | 57 47 | 10 | 57 19 | 28 | | |
| 28 | 3 | 94,20 | 94,20 | 94,20 | 0,00 | 94,20 | 58 40 | | | | | |
| 29 | 5 | 99,30 | 99,30 | 99,45 | 0,15 | 99,35 | 61 52 | | | | 28 | 61 24 |
| 30 | 2 | 104,20 | 104,15 | 104,15 | 0,20 | 104,12 | 64 50 | | | | | |
| 31 | 4 | 107,10 | 107,05 | 107,00 | 0,10 | 107,05 | 66 40 | | | | | |

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_К$ | $\Delta\theta_К$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | | |
| 1 | 2 | 23,45 | 23,40 | 23,35 | 0,10 | 23,40 | 14°34′ | | |
| 2 | 4 | 25,55 | 25,60 | 25,55 | 0,05 | 25,57 | 15 55 | 15°14′ | 41′ |
| 3 | 3 | 31,45 | 31,45 | 31,45 | 0,00 | 31,45 | 19 35 | | |
| 4 | 2 | 33,80 | 33,80 | 33,85 | 0,05 | 33,82 | 21 04 | | |
| 5 | 10 | 34,70 | 34,80 | 34,70 | 0,10 | 34,73 | 21 37 | 20 59 | 38 |
| 6 | 10 | 37,25 | 37,20 | 37,20 | 0,05 | 37,22 | 23 10 | 22 36 | 34 |
| 7 | 2 | 38,55 | 38,55 | 38,55 | 0,00 | 38,55 | 24 00 | | |
| 8 | 6 | 42,70 | 42,80 | 42,75 | 0,10 | 42,75 | 26 37 | 26 05 | 32 |
| 9 | 2 | 46,65 | 46,70 | 46,70 | 0,05 | 46,69 | 29 04 | | |
| 10 | 2 | 50,95 | 51,00 | 51,05 | 0,10 | 51,00 | 31 47 | | |
| 11 | 10 | 51,80 | 51,80 | 51,85 | 0,05 | 51,82 | 32 16 | 31 49 | 27 |
| 12 | 10 | 56,80 | 56,75 | 56,80 | 0,05 | 56,79 | 35 22 | 34 33 | 29 |
| 13 | 3 | 58,95 | 58,95 | 58,95 | 0,00 | 58,95 | 36 42 | | |
| 14 | 5 | 60,55 | 60,60 | 60,55 | 0,05 | 60,57 | 37 43 | 37 18 | 25 |
| 15 | 9 | 65,95 | 66,00 | 65,90 | 0,10 | 65,94 | 41 03 | 40 41 | 22 |
| 16 | 9 | 67,80 | 67,90 | 67,85 | 0,05 | 67,85 | 42 15 | 41 54 | 21 |
| 17 | 2 | 74,40 | 74,35 | 74,45 | 0,10 | 74,40 | 46 20 | | |
| 18 | 5 | 77,20 | 77,10 | 77,10 | 0,10 | 77,13 | 48 20 | 47 43 | 19 |
| 19 | 3 | 81,30 | 81,30 | 81,25 | 0,05 | 81,28 | 50 37 | | |
| 20 | 1 | 84,40 | 84,45 | 84,35 | 0,10 | 84,40 | 52 33 | | |
| 21 | 1 | 85,60 | 85,65 | 85,55 | 0,10 | 85,60 | 53 18 | | |
| 22 | 2 | 88,10 | 88,10 | 88,00 | 0,10 | 88,07 | 54 50 | | |
| 23 | 2 | 91,20 | 91,05 | 91,00 | 0,20 | 91,08 | 56 43 | | |
| 24 | 4 | 93,95 | 93,95 | 93,95 | 0,00 | 93,95 | 58 30 | | |
| 25 | 6 | 99,00 | 99,10 | 99,05 | 0,10 | 99,05 | 61 41 | 61 24 | 17 |
| 26 | 4 | 107,40 | 107,45 | 107,35 | 0,10 | 107,40 | 66 53 | | |

В двух последних колоннах таблицы 11 даны соответственно индексы плоских сеток, на основании величин $d/n$ — расстояний между плоскими сетками, принимая во внимание,

ца 11

| $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ | $hkl$ | $a_{rh}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44′ | 13°50′ | 0,238 | (4,044) | 3,668 | $10\bar{1}\beta$ | 5,403 |
| 42 | 15 13 | 0,262 | 3,684 | (3,341) | $10\bar{1}$ | 5,427 |
| 38 | 13 57 | 0,324 | (2,978) | 2,700 | $11\bar{2}\beta$ | 5,425 |
| 37 | 20 27 | 0,349 | (2,768) | 2,509 | $10\bar{1}\beta$ | 5,409 |
| 36 | 21 01 | 0,358 | 2,696 | (2,446) | $11\bar{2}$ | 5,404 |
| 35 | 22 35 | 0,384 | 2,518 | (2,283) | $10\bar{1}$ | 5,425 |
| 34 | 23 26 | 0,398 | (2,432) | 2,204 | $10\bar{2}\beta$ | 5,421 |
| 32 | 26 05 | 0,440 | 2,199 | (1,994) | $10\bar{2}$ | 5,407 |
| 29 | 28 35 | 0,478 | (2,021) | 1,832 | $20\bar{2}\beta$ | 5,401 |
| 27 | 31 20 | 0,520 | (1,860) | 1,686 | $12\bar{3}\beta$ | 5,397 |
| 27 | 31 49 | 0,527 | 1,834 | (1,663) | $20\bar{2}$ | 5,404 |
| 25 | 34 57 | 0,573 | 1,688 | (1,530) | $12\bar{3}$ | 5,402 |
| 24 | 36 18 | 0,592 | (1,633) | (1,481) | $10\bar{3}\beta$ | 5,407 |
| 23 | 37 20 | 0,606 | (1,595) | (1,445) | $23\bar{3}$ | 5,407 |
| | | | | | $11\bar{2}\beta$ | 5,398 |
| 22 | 40 41 | 0,652 | 1,483 | (1,345) | $10\bar{3}$ | 5,415 |
| 21 | 41 54 | 0,668 | 1,448 | (1,313) | $11\bar{2}$ | 5,405 |
| 19 | 46 01 | 0,720 | 1,344 | (1,218) | $22\bar{4}$ | 5,400 |
| 19 | 47 43 | 0,740 | 1,307 | (1,185) | $23\bar{4}$ | 5,427 |
| 18 | 50 19 | 0,770 | 1,257 | (1,139) | $20\bar{2}$ | 5,415 |
| 17 | 52 16 | 0,791 | 1,223 | (1,108) | $11\bar{4}$ | 5,404 |
| 17 | 53 01 | 0,799 | (1,211) | 1,097 | $20\bar{4}\beta$ | 5,399 |
| 17 | 54 33 | 0,815 | 1,187 | (1,076) | $13\bar{4}$ | 5,412 |
| 16 | 56 27 | 0,833 | 1,160 | (1,052) | $24\bar{4}$ | 5,410 |
| 16 | 58 14 | 0,850 | 1,137 | (1,031) | $23\bar{1}$ | 5,408 |
| 16 | 61 25 | 0,878 | 1,101 | (0,998) | $20\bar{4}$ | 5,414 |
| 14 | 66 39 | 0,918 | 1,053 | (0,965) | $\bar{2}35$ | 5,410 |

Среднее = 5,410 Å

$\Delta_{max} = \begin{matrix} +0{,}017 \\ -0{,}013 \end{matrix}$

дающих отражения, и величины ребра элементарной ячейки гематита, которые вычислены что угол между ребрами ромбоэдра гематита $\alpha = 55°17'$, по данным работы E. A. Harrington (3).

ного музея говорится, что образец № 404/1 является магнезиоферритом с гематитом. Сравнение дебаеграммы образца № 404/1 с дебаеграммами, которые приведены в работах E. A. Harrington (3) и Г. М. Попова (4), показало их полное тождество. Расстояния $d/n$ — между плоскими сетками, найденные из дебаеграммы образца № 404/1 и $d/n$ — для гематита, которые приводятся в работе E. A. Harrington (3), при сравнении показали достаточно удовлетворительное совпадение.

В качестве образца для получения дебаеграммы гематита был использован образец № 404/1.

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония тригональная. Полная структура определена L. Pauling и S. B. Hendriks (19); наиболее вероятная пространственная группа симметрии $47h = D^6_{3d}$. Размеры единичной ячейки $a = 5{,}42$ Å, $\alpha = 55°1'$. Решетку гематита можно представить как ромбоэдрически деформированную решетку каменной соли, в которой оба сорта атомов изменены двумя энантиоморфными родами молекул $Fe_2O_3$.

b. Условия получения снимков. Снимки гематита и гематита с NaCl получены в одной и той же камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*. Экспозиция для дебаеграммы гематита составляла 13 *час* при силе тока 7 mA, для гематита с 17% NaCl — 18 часов при той же силе тока в трубке.

c. Характер полученных дебаеграмм. Обе дебаеграммы имеют достаточно четкие и тонкие линии. Наиболее интенсивные линии гематита располагаются преимущественно в средней части дебаеграмм. На дебаеграмме гематита имеется 28 линий, на дебаеграмме гематита с 17% NaCl — 32. На последней 9 линий принадлежат каменной соли, из них 3 накладываются на линии гематита.

d. Таблица 10. Относительные интенсивности линий и углы отблеска для дебаеграммы гематита с 17% NaCl.

e. Диаграмма (рис. 8). Кривая поправок для дебаеграммы гематита с 17% NaC

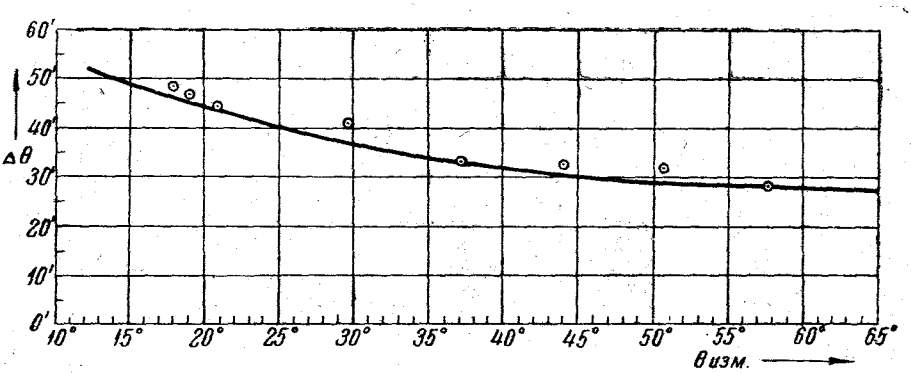



Рис. 8.

f. Таблица 11. Относительные интенсивности линий, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для дебаеграммы гематита.

g. Диаграмма (рис. 9). Кривая поправок для дебаеграммы гематита. Линия 2 таблицы 11 использована для построения кривой поправок для дебаеграммы гематита наряду с линиями характерного комплекса для того, чтобы получить данные для построения кривой в области малых углов. На диаграмме 8 точка, соответствующая этой линии, обозначена сплошным черным кружочком.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы гематита. Из десяти линий характерного комплекса гематита 9 вызваны излучением $K_\alpha$Fe. Одна линия — 14 на таблице 11, является результатом наложения отражений от плоских сеток: 233 — излучения $K_\alpha$Fe и 112 — излучения $K_\beta$Fe. При съемке дебаеграммы гематита при рентгеновых лучах с другой длиной волн эта линия будет относительно ослаблена. При этом в состав характерного комплекса линий вместо нее может попасть следующая по интенсивности линия от 231 — 24 на таблице 11.

Особенностью расположения линий характерного комплекса гематита является попарное расположение шести линий: 5 и 6, 11 и 12, 15 и 16 (на таблице 11). Между линиями каждой из этих трех пар нет никаких других линий.

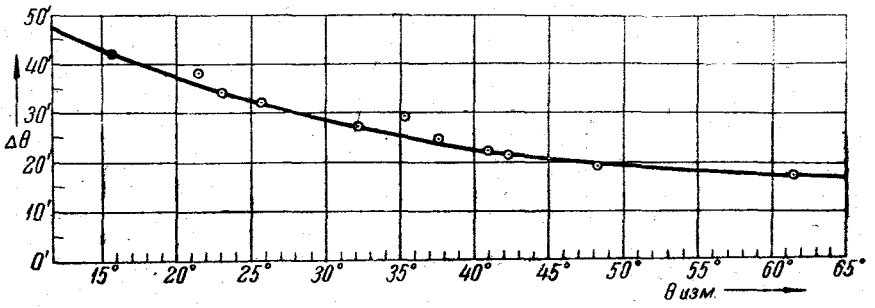



Рис. 9.

Таблица 12

**Относительные интенсивности линий характерного комплекса гематита, им соответствующие углы отблеска $\theta$, $\sin\theta$, межплоскостные расстояния $d/n$ и символы плоских сеток $hkl$**

| № | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n$ | $hkl$ | № | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $d/n$ | $hkl$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 21°01′ | 0,358 | 2,696 | 112 | 7 | 9 | 40°41′ | 0,652 | 1,483 | 103 |
| 2 | 10 | 22 35 | 0,384 | 2,518 | 101 | 8 | 9 | 41 54 | 0,668 | 1,448 | 112 |
| 3 | 6 | 26 05 | 0,440 | 2,199 | 102 | 9 | 5 | 47 43 | 0,740 | 1,307 | 234 |
| 4 | 10 | 31 49 | 0,527 | 1,834 | 202 | 10 | 6 | 61 25 | 0,878 | 1,101 | 204 |
| 5 | 10 | 34 57 | 0,573 | 1,688 | 123 | | | | | | |
| 6 | 5 | 37 20 | 0,606 | 1,595<br>1,445 | 233<br>$11\bar{2}\beta$ | | | | | | |

**Оливин** $SiO_4(Mg,Fe)_2$. Горный музей № 610/4

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония ромбическая. Полная структура оливина дана Ch. Berndt (20) и затем подтверждена работой W. Z. Bragg и G. B. Brown (21). Как наиболее вероятную пространственную группу симметрии они устанавливают $V_h^{16}$. Размеры элементарной ячейки оливина при отношении Mg : Fe = 9 : 1, следующие: $a = 4{,}75$ Å, $b = 10{,}2$ Å, $c = 5{,}98$ Å. В элементарной ячейке содержится четыре молекулы $SiO_4(Mg,Fe)_2$. Атомы кислорода группируются по тетраэдрам вокруг каждого атома кремния. Эти кремнекислородные тетраэдры отделены друг от друга и скрепляются между собой посредством атомов Mg и Fe.

Каждый атом Mg окружен шестью атомами кислорода.

b. Условия получения снимков. Диаметр камеры, в которой производились снимки оливина и оливина с 20% NaCl, $D = 46{,}00$ *мм*. Экспозиция для дебаеграммы оливина составляла 42 *час* при силе тока 6 mA, для дебаеграммы оливина с 20% каменной соли — 55 *час* при той же силе тока.

c. Характер полученных дебаеграмм. На дебаеграмме оливина линии получились более четкими, чем на дебаеграмме оливина с каменной солью, вследствие того, что первая снималась при горизонтальном положении столбика порошка (оси камеры) — параллельно срезу антикатода трубки, вторая же при вертикальном положении столбика.

На дебаеграмме оливина получено 43 линии с характерным сдвоенным положением некоторых линий. На дебаеграмме оливина с 20% NaCl имеется 32 линии, часть сдвоенных линий, соответствующих дебаеграмме оливина, сливаются здесь в одну линию. 11 линий дебаеграммы оливина с 20% NaCl относятся к линиям каменной соли, из них пять накладываются на линию оливина.

Таблица 13

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl | | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | $I$ | $\theta_{NaCl}$ | | | |
| 1 | 2 | 24,45 | 24,45 | 24,45 | 0,00 | 24,45 | 15°13′ | | | | 63′ | 14°10′ |
| 2 | 1 | 27,00 | 27,00 | 27,10 | 0,10 | 27,03 | 16 50 | | | | | |
| 3 | 3 | 30,65 | 30,55 | 30,60 | 0,10 | 30,60 | 19 03 | 4 | 18°09′ | 54′ | | |
| 4 | 1 | 31,80 | 31,80 | 31,70 | 0,10 | 31,76 | 19 46 | | | | | |
| 5 | 10 | 33,75 | 33,80 | 33,70 | 0,10 | 33,75 | 21 01 | 9 | 20 06 | 55 | совп. с NaCl | |
| 6 | 5 | 37,65 | 37,55 | 37,60 | 0,10 | 37,60 | 23 25 | | | | 49 | 22 36 |
| 7 | 5 | 38,35 | 38,45 | 38,30 | 0,15 | 38,37 | 23 53 | | | | 48 | 23 05 |
| 8 | 1 | 40,10 | 40,10 | 40,20 | 0,10 | 40,13 | 25 00 | | | | | |
| 9 | 4 | 41,80 | 41,80 | 41,70 | 0,10 | 41,77 | 26 01 | | | | 45 | 25 16 |
| 10 | 3 | 43,30 | 43,40 | 43,30 | 0,10 | 43,33 | 26 59 | 3 | 26 08 | 51 | | |
| 11 | 10 | 47,75 | 47,80 | 47,80 | 0,05 | 47,78 | 29 45 | 10 | 29 05 | 40 | | |
| 12 | 2 | 49,15 | 49,20 | 49,15 | 0,05 | 49,17 | 30 37 | | | | | |
| 13 | 2 | 53,40 | 53,40 | 53,40 | 0,00 | 53,40 | 33 15 | 2 | 32 39 | 36 | | |
| 14 | 9 | 54,95 | 55,00 | 54,95 | 0,05 | 54,97 | 34 14 | | | | 34 | 33 40 |
| 15 | 1 | 57,80 | 57,80 | 57,90 | 0,10 | 57,83 | 36 01 | | | | | |
| 16 | 8 | 59,50 | 59,50 | 59,55 | 0,05 | 59,52 | 37 04 | 6 | 36 32 | 32 | | |
| 17 | 2 | 61,60 | 61,60 | 61,70 | 0,20 | 61,70 | 38 25 | | | | | |
| 18 | 4 | 65,70 | 65,50 | 65,50 | 0,20 | 65,57 | 40 49 | | | | 28 | 40 21 |
| 19 | 4 | 66,20 | 66,25 | 66,15 | 0,10 | 66,20 | 41 13 | | | | 27 | 40 46 |
| 20 | 3 | 71,05 | 70,90 | 70,90 | 0,15 | 70,95 | 44 11 | 4 | 43 25 | 46 | совп. с NaCl | |
| 21 | 3 | 71,35 | 71,25 | 71,30 | 0,10 | 71,30 | 44°24′ | | | | 24 | 44 00 |
| 22 | 4 | 74,30 | 74,20 | 74,20 | 0,10 | 74,23 | 46 13 | | | | 23 | 45 50 |
| 23 | 3 | 76,60 | 76,70 | 76,60 | 0,10 | 76,63 | 47 43 | | | | | |
| 24 | 10 | 81,20 | 81,10 | 81,20 | 0,10 | 81,16 | 50 32 | 10 | 50 13 | 19 | | |
| 25 | 3 | 87,90 | 87,95 | 87,90 | 0,05 | 87,92 | 54 44 | | | | | |
| 26 | 2 | 90,40 | 90,30 | 90,40 | 0,10 | 90,36 | 56 16 | | | | | |
| 27 | 9 | 92,40 | 92,50 | 92,55 | 0,15 | 92,48 | 57 35 | 10 | 57 19 | 16 | | |
| 28 | 3 | 99,35 | 99,20 | 99,40 | 0,20 | 99,32 | 61 50 | | | | 15 | 61 35 |
| 29 | 3 | 102,20 | 102,20 | 102,30 | 0,10 | 102,23 | 63 20 | 2 | 63 14 | 6 | | |
| 30 | 6 | 110,90 | 111,00 | 110,90 | 0,10 | 110,93 | 69 04 | 4 | 69 08 | 4 | 14 | 68 50 |
| 31 | 5 | 114,60 | 114,50 | 114,55 | 0,10 | 114,55 | 71 21 | | | | | |
| 32 | 5 | 116,05 | 116,10 | 116,00 | 0,10 | 116,05 | 72 32 | | | | | |

d. Таблица 13. Относительные интенсивности и углы отблеска $\theta$ для линий дебаеграммы оливина с 20% NaCl.

e. Диаграмма (рис. 10). Кривая поправок для дебаеграммы оливина с 20% NaCl. На этой диаграмме указаны точки лишь для 8 линий каменной соли,

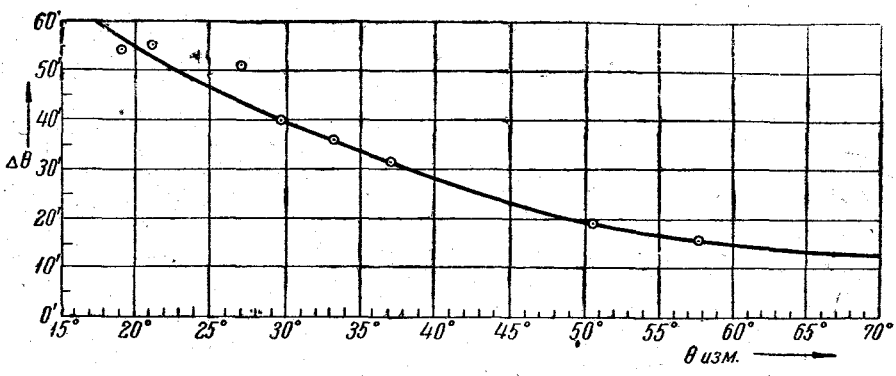



Рис. 10.

которые имеются на дебаеграмме оливина с 20% NaCl. Три остальные не использованы для построения кривой поправок, так как дают неправильные величины поправок вследствие того, что совпадают с линиями оливина.

f. Таблица 14. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояние $d/n$ — между плоскими сетками для дебаеграммы оливина.

g. Диаграмма (рис. 11). Кривая поправок для дебаеграммы оливина. Линии 4 и 38 таблицы 14 использованы для построения кривой поправок для дебаеграммы оливина наряду с линиями характерного комплекса для того,

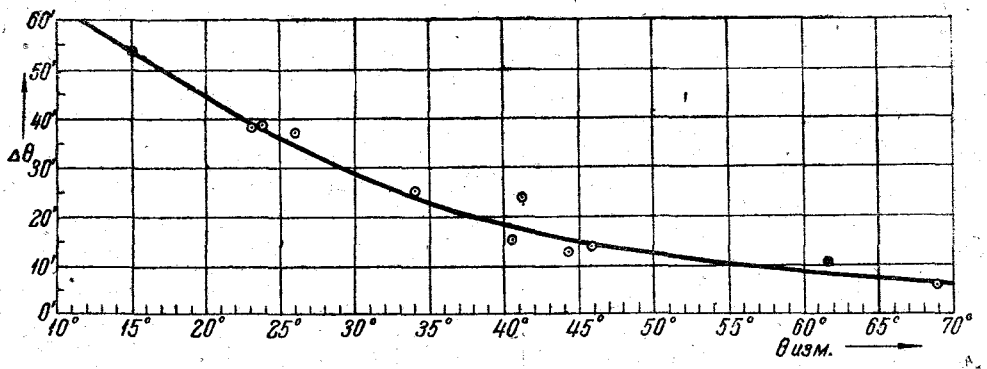



Рис. 11.

чтобы заполнить большие интервалы между линиями характерного комплекса. На диаграмме точки, соответствующие этим линиям, обозначены кружочками.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы оливина. Все десять линий характерного комплекса оливина вызваны излучением $K_\alpha$Fe. Особенностью расположения линий характерного комплекса является близость расположения линий 9 и 10 и линий 25 и 26 (табл. 14). Линия характерного комплекса 41 удалена от всех других линий комплекса и располагается на краю дебаеграммы. Не попавшая в характерный комплекс линия 30 с относительной интенсивностью 6 вместе с линиями характерного комплекса 28 и 29 дает в совокупности своеобразное расположение. Именно — эти линии расположены на приблизительно равном расстоянии друг от друга и имеют постепенно понижающуюся относительную интенсивность. 28 линия — относительная интенсивность 8, 29—7 и 30—6.

Все остальные линии дебаеграммы оливина имеют значительно меньшую относительную интенсивность.

Таблица 14

| № | $l$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 21,95 | 21,95 | 22,00 | 0,05 | 21,96 | 13°40′ | | | 56′ | 12°44′ | 0,220 | (4,39) | 3,98 |
| 2 | 4 | 24,15 | 24,20 | 24,20 | 0,05 | 24,18 | 15 03 | 14°10′ | 53′ | 53 | 14 10 | 0,245 | 3,95 | (3,58) |
| 3 | 2 | 25,20 | 25,15 | 25,15 | 0,05 | 25,16 | 15 40 | | | 52 | 14 48 | 0,255 | 3,79 | (3,43) |
| 4 | 3 | 26,90 | 26,80 | 26,90 | 0,10 | 26,86 | 16 43 | | | 50 | 15 53 | 0,274 | 3,53 | (3,20) |
| 5 | 2 | 30,60 | 30,70 | 30,65 | 0,10 | 30,65 | 19 05 | | | 46 | 18 19 | 0,314 | (3,080) | 2,792 |
| 6 | 2 | 31,25 | 31,15 | 31,20 | 0,10 | 31,20 | 19 26 | | | 45 | 18 41 | 0,320 | 3,018 | (2,736) |
| 7 | 7 | 33,70 | 33,65 | 33,70 | 0,05 | 33,68 | 20 58 | совп. | Nacl | 42 | 20 16 | 0,346 | 2,792 | (2,530) |
| 8 | 3 | 34,30 | 34,45 | 34,40 | 0,15 | 34,38 | 21 24 | | | 41 | 20 43 | 0,354 | (2,734) | 2,478 |
| 9 | 7 | 37,30 | 37,30 | 37,30 | 0,00 | 37,30 | 23 14 | 22 36 | 38 | 38 | 22 36 | 0,384 | 2,516 | 2,281 |
| 10 | 8 | 38,05 | 38,15 | 38,10 | 0,10 | 38,10 | 23 43 | 23 05 | 38 | 38 | 23 05 | 0,392 | 2,466 | (2,236) |
| 11 | 2 | 39,85 | 39,90 | 39,90 | 0,05 | 39,88 | 24 50 | | | 36 | 24 14 | 0,410 | 2,356 | (2,136) |
| 12 | 8 | 41,60 | 41,60 | 41,55 | 0,05 | 41,58 | 25 53 | 25 16 | 37 | 34 | 25 19 | 0,427 | 2,261 | (2,050) |
| 13 | 5 | 43,50 | 43,50 | 43,55 | 0,05 | 43,52 | 27 06 | | | 32 | 26 34 | 0,447 | 2,162 | (1,959) |
| 14 | 2 | 46,20 | 46,15 | 46,10 | 0,10 | 46,15 | 28 44 | | | 30 | 28 14 | 0,473 | 2,044 | (1,853) |
| 15 | 5 | 49,00 | 49,00 | 49,05 | 0,05 | 49,02 | 30 31 | | | 27 | 30 04 | 0,501 | (1,930) | 1,750 |
| 16 | 2 | 50,50 | 50,45 | 50,50 | 0,05 | 50,48 | 31 31 | | | 26 | 31 05 | 0,513 | 1,878 | (1,702) |
| 17 | 2 | 52,55 | 52,70 | 52,70 | 0,15 | 52,65 | 32 47 | | | 25 | 32 22 | 0,535 | (1,806) | 1,637 |
| 18 | 1 | 53,40 | 53,30 | 53,20 | 0,20 | 53,30 | 33 11 | | | 24 | 32 47 | 0,541 | 1,786 | 1,619 |
| 19 | 10 | 54,70 | 54,75 | 54,80 | 0,10 | 54,75 | 34 05 | 33 40 | 25 | 24 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,580) |
| 20 | 3 | 57,55 | 57,55 | 57,55 | 0,00 | 57,55 | 35 50 | | | 22 | 35 28 | 0,580 | 1,667 | 1,511 |
| 21 | 5 | 58,95 | 58,85 | 58,90 | 0,10 | 58,90 | 36 40 | | | 21 | 36 19 | 0,592 | (1,633) | 1,480 |
| 22 | 2 | 59,50 | 59,50 | 59,60 | 0,10 | 59,53 | 37 04 | | | 21 | 36 43 | 0,598 | 1,617 | (1,466) |
| 23 | 3 | 61,55 | 61,70 | 61,70 | 0,15 | 61,65 | 38 23 | | | 28 | 38 03 | 0,616 | 1,569 | (1,423) |
| 24 | 1 | 63,20 | 63,30 | 63,20 | 0,10 | 63,23 | 39 22 | | | 19 | 39 03 | 0,630 | 1,535 | 1,391 |
| 25 | 6 | 65,20 | 65,20 | 65,20 | 0,00 | 65,20 | 40 36 | 40 21 | 15 | 18 | 40 18 | 0,647 | 1,495 | 1,355 |
| 26 | 8 | 66,15 | 66,10 | 66,10 | 0,05 | 66,12 | 41 10 | 40 46 | 24 | 18 | 40 52 | 0,654 | 1,478 | (1,340) |
| 27 | 2 | 68,70 | 68,65 | 68,75 | 0,10 | 68,70 | 42 47 | | | 17 | 42 30 | 0,676 | (1,431) | 1,297 |
| 28 | 8 | 71,00 | 71,00 | 71,00 | 0,00 | 71,00 | 44 13 | 44 00 | 13 | 16 | 43 57 | 0,695 | 1,393 | (1,263) |
| 29 | 7 | 73,95 | 73,95 | 74,00 | 0,05 | 73,97 | 46 04 | 45 50 | 14 | 15 | 45 49 | 0,717 | 1,349 | (1,223) |
| 30 | 6 | 76,40 | 76,50 | 76,45 | 0,10 | 76,45 | 47 36 | | | 14 | 47 22 | 0,736 | 1,314 | (1,191) |
| 31 | 3 | 77,95 | 78,00 | 77,85 | 0,15 | 77,93 | 48 32 | | | 13 | 48 19 | 0,747 | 1,295 | (1,174) |
| 32 | 1 | 81,35 | 81,50 | 81,50 | 0,15 | 81,45 | 50 43 | | | 12 | 50 31 | 0,772 | (1,253) | 1,136 |
| 33 | 3 | 87,80 | 87,80 | 87,90 | 0,10 | 87,83 | 54 41 | | | 10 | 54 31 | 0,814 | 1,188 | (1,076) |
| 34 | 3 | 89,90 | 90,10 | 90,10 | 0,10 | 90,03 | 56 04 | | | 10 | 55 54 | 0,828 | 1,168 | (1,059) |
| 35 | 4 | 93,80 | 93,60 | 93,65 | 0,20 | 93,68 | 58 20 | | | 9 | 58 11 | 0,850 | 1,138 | 1,032 |
| 36 | 2 | 95,55 | 95,60 | 95,55 | 0,05 | 95,57 | 59 31 | | | 9 | 59 22 | 0,860 | (1,124) | 1,019 |
| 37 | 1 | 96,60 | 96,55 | 96,75 | 0,20 | 96,63 | 60 10 | | | 8 | 60 02 | 0,866 | (1,116) | 1,012 |
| 38 | 4 | 99,20 | 99,20 | 99,20 | 0,00 | 99,20 | 61 46 | 61 35 | 11 | 8 | 61 38 | 0,880 | 1,099 | (1,996) |
| 39 | 2 | 102,40 | 102,40 | 102,50 | 0,10 | 102,43 | 63 47 | | | 8 | 63 39 | 0,897 | 1,079 | (0,978) |
| 40 | 3 | 105,10 | 105,15 | 105,10 | 0,05 | 105,12 | 65 27 | | | 7 | 65 20 | 0,909 | 1,064 | (0,965) |
| 41 | 10 | 110,70 | 110,75 | 110,63 | 0,10 | 110,70 | 68 56 | 68 50 | 6 | 6 | 68 50 | 0,933 | 1,036 | (0,940) |
| 42 | 6 | 114,45 | 114,40 | 114,35 | 0,10 | 114,40 | 71 14 | | | 6 | 71 08 | 0,946 | 1,022 | (0,927) |
| 43 | 5 | 116,00 | 116,10 | 116,10 | 0,10 | 116,70 | 72 16 | | | 6 | 72 10 | 0,952 | 1,016 | (0,921) |

Таблица 15

**Относительные интенсивности, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы оливина**

| № | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | № | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 20°16′ | 0,346 | 2,792 | 6 | 6 | 40°18′ | 0,647 | 1,495 |
| 2 | 7 | 22 36 | 0,384 | 2,516 | 7 | 8 | 40 52 | 0,654 | 1,478 |
| 3 | 8 | 23 05 | 0,392 | 2,466 | 8 | 8 | 43 57 | 0,695 | 1,393 |
| 4 | 8 | 25 19 | 0,427 | 2,261 | 9 | 7 | 45 49 | 0,717 | 1,349 |
| 5 | 10 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | 10 | 10 | 68 50 | 0,933 | 1,037 |

**Диопсид $[SiO_3]_2Ca, Mg$. Горный музей № 783/60**

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония моноклинная. Пространственная группа симметрии и параметры элементарной ячейки $a = 9{,}71$ Å; $b = 8{,}89$ Å; $c = 5{,}24$ Å; $\beta = 74°10'$ были даны в работе R. W. G. Wyckoff and H. E. Merwin (22). Полная структура с указанием координат всех атомов дана в работе B. E. Warren and W. Z. Bragg (23). В структуре диопсида каждый атом кремния по тетраэдру окружен четырьмя атомами кислорода. Кремнекислородные тетраэдры образуют бесконечные цепочки параллельно оси *c*.

Атомы Ca и Mg связывают эти цепочки между собой.

b. Условия получения снимков. Снимки диопсида с 15% NaCl получены в одной и той же камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*.

Экспозиция для дебаеграммы диопсида составляла 40 *час*, для дебаеграммы диопсида с 15% NaCl — 50 *час* при одинаковой для обоих снимков средней силе тока в трубке — 7 mA.

Таблица 16

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | NaCl $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 29,25 | 29,25 | 29,25 | 0,00 | 29,25 | 18°13′ | | | | 58′ | 17°15′ |
| 2 | 8 | 31,90 | 31,95 | 31,80 | 0,15 | 31,88 | 19 50 | | | | 55 | 18 56 |
| 3 | 9 | 33,70 | 33,75 | 33,60 | 0,15 | 33,68 | 20 59 | 9 | 20°06′ | 53′ | | |
| 4 | 8 | 37,50 | 37,50 | 37,55 | 0,05 | 37,52 | 23 22 | | | | 51 | 22 31 |
| 5 | 1 | 41,00 | 40,90 | 40,90 | 0,10 | 40,93 | 25 30 | | | | | |
| 6 | 2 | 43,10 | 43,20 | 43,20 | 0,10 | 43,17 | 26 54 | 3 | 26 08 | 47 | | |
| 7 | 3 | 44,55 | 44,60 | 44,70 | 0,15 | 44,62 | 27 48 | | | | 45 | 27 03 |
| 8 | 8 | 47,90 | 47,85 | 47,90 | 0,05 | 47,88 | 29 49 | 10 | 29 05 | 44 | | |
| 9 | 2 | 52,10 | 52,05 | 52,10 | 0,05 | 52,08 | 32 26 | | | | | |
| 10 | 5 | 55,15 | 55,15 | 55,05 | 0,10 | 55,12 | 34 20 | | | | 39 | 33 41 |
| 11 | 10 | 59,95 | 60,00 | 60,05 | 0,10 | 60,00 | 37 22 | 6 | 36 32 | 50 | совп. с NaCl | |
| 12 | 2 | 62,80 | 62,85 | 62,75 | 0,10 | 62,80 | 39 07 | | | | | |
| 13 | 3 | 65,90 | 66,00 | 65,80 | 0,20 | 65,90 | 41 03 | | | | | |
| 14 | 8 | 70,00 | 70,05 | 69,95 | 0,10 | 70,00 | 43 35 | | | | 31 | 43 04 |
| 15 | 2 | 76,55 | 76,50 | 76,45 | 0,10 | 76,50 | 43 54 | 4 | 43 25 | 29 | | |
| 16 | 6 | 76,15 | 76,20 | 76,20 | 0,05 | 76,18 | 47 30 | | | | 29 | 47 01 |
| 17 | 4 | 79,45 | 79,65 | 79,45 | 0,20 | 79,52 | 49 31 | | | | 28 | 49 03 |
| 18 | 10 | 81,30 | 81,35 | 81,45 | 0,15 | 81,37 | 50 41 | 10 | 50 13 | 28 | | |
| 19 | 1 | 85,60 | 85,75 | 85,75 | 0,15 | 85,70 | 53 23 | | | | | |
| 20 | 2 | 89,40 | 89,50 | 89,40 | 0,40 | 89,43 | 55 42 | | | | | |
| 21 | 9 | 92,60 | 92,80 | 92,70 | 0,20 | 92,70 | 57 43 | 10 | 57 19 | 24 | | |
| 22 | 10 | 104,30 | 104,20 | 104,30 | 0,10 | 104,27 | 64 57 | | | | 22 | 64 35 |
| 23 | 3 | 105,60 | 105,60 | 105,60 | 0,00 | 105,60 | 65 47 | | | | | |

c. Характер получения дебаеграммы. Линия дебаеграммы диопсида тоньше и резче, чем на дебаеграмме диопсида с 15% NaCl вследствие того, что первая из них снималась при горизонтальном положении столбика (оси камеры) — параллельно срезу антикатода, а вторая — при вертикальном. Обе дебаеграммы имеют менее интенсивные линии, чем на дебаеграмме оливина. На дебаеграмме диопсида получено 34 линии, на дебаеграмме диопсида с 15% NaCl — 23 линии, из них 7 принадлежат каменной соли.

d. Таблица 16. Относительные интенсивности линий и углы отблеска диопсида с 15% каменной соли.

Таблица 17

| № | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 28,35 | 28,45 | 28,40 | 0,10 | 28,40 | 17°41′ | | | 49′ | 16°52′ | 0,290 | (3,33) | 3,02 |
| 2 | 2 | 28,95 | 28,95 | 28,95 | 0,00 | 28,95 | 18 02 | 17°15′ | 47′ | 47 | 17 15 | 0,297 | 3,26 | (2,96) |
| 3 | 10 | 31,35 | 31,40 | 31,35 | 0,05 | 31,37 | 19 32 | 18 56 | 36 | 44 | 18 48 | 0,322 | 3,00 | (2,72) |
| 4 | 3 | 32,35 | 32,30 | 32,30 | 0,05 | 32,32 | 20 07 | | | 43 | 19 24 | 0,332 | 2,911 | (2,639) |
| 5 | 3 | 33,60 | 33,55 | 33,50 | 0,10 | 33,55 | 20 53 | | | 41 | 20 12 | 0,345 | (2,801) | 2,538 |
| 6 | 2 | 36,55 | 36,55 | 36,50 | 0,05 | 36,53 | 22 45 | | | 39 | 22 06 | 0,376 | 2,570 | (2,330) |
| 7 | 10 | 37,15 | 37,25 | 37,20 | 0,10 | 37,20 | 23 10 | 22 31 | 39 | 38 | 22 32 | 0,383 | 2,523 | (2,287) |
| 8 | 3 | 40,85 | 40,85 | 40,85 | 0,00 | 40,85 | 25 26 | | | 36 | 24 50 | 0,420 | 2,303 | (2,087) |
| 9 | 2 | 42,55 | 42,55 | 42,55 | 0,00 | 42,55 | 26 30 | | | 32 | 25 58 | 0,438 | 2,209 | (2,002) |
| 10 | 5 | 44,25 | 44,25 | 44,25 | 0,00 | 44,25 | 27 33 | 27 03 | 30 | 31 | 27 02 | 0,455 | 2,128 | (1,929) |
| 11 | 3 | 46,30 | 46,25 | 46,25 | 0,05 | 46,27 | 28 49 | | | 29 | 28 20 | 0,475 | 2,038 | (1,847) |
| 12 | 3 | 46,95 | 46,95 | 46,95 | 0,00 | 46,95 | 29 13 | | | 28 | 28 45 | 0,481 | 2,010 | (1,822) |
| 13 | 4 | 52,00 | 51,90 | 51,95 | 0,10 | 51,95 | 32 21 | | | 25 | 31 56 | 0,529 | 1,828 | (1,657) |
| 14 | 3 | 53,40 | 53,40 | 53,35 | 0,05 | 53,38 | 33 14 | | | 24 | 32 50 | 0,542 | (1,784) | 1,617 |
| 15 | 7 | 54,70 | 54,70 | 54,75 | 0,05 | 54,72 | 34 04 | 33 41 | 23 | 23 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,581) |
| 16 | 2 | 57,70 | 57,75 | 57,75 | 0,05 | 57,73 | 35 57 | | | 21 | 35 36 | 0,582 | 1,661 | (1,506) |
| 17 | 10 | 59,55 | 59,65 | 59,60 | 0,15 | 59,57 | 37 05 | совп. с NaCl | | 20 | 36 45 | 0,598 | 1,616 | (1,485) |
| 18 | 3 | 62,05 | 62,00 | 61,95 | 0,10 | 62,00 | 38 37 | | | 19 | 38 18 | 0,620 | (1,560) | 1,414 |
| 19 | 3 | 63,90 | 63,85 | 63,80 | 0,10 | 63,85 | 39 46 | | | 18 | 39 28 | 0,636 | 1,521 | (1,379) |
| 20 | 3 | 65,10 | 65,15 | 65,00 | 0,15 | 65,08 | 40 32 | | | 18 | 40 14 | 0,646 | 1,497 | (1,357) |
| 21 | 9 | 69,50 | 69,50 | 69 50 | 0,00 | 69,50 | 43 17 | 43°03 | 14 | 17 | 43 00 | 0,682 | 1,418 | (1,285) |
| 22 | 1 | 70,30 | 70,20 | 70,20 | 0,10 | 70,23 | 43 44 | | | 17 | 43 27 | 0,688 | (1,406) | 1,275 |
| 23 | 8 | 75,85 | 75,90 | 75,95 | 0,10 | 75,90 | 47 16 | 47 01 | 15 | 16 | 47 00 | 0,731 | 1,322 | (1,199) |
| 24 | 7 | 79 15 | 79,35 | 79,15 | 0,20 | 79,22 | 49 20 | 49 03 | 17 | 16 | 49 04 | 0,755 | 1,280 | (1,160) |
| 25 | 5 | 80,85 | 80,95 | 80,8 | 0,15 | 80,87 | 50 22 | | | 16 | 50 06 | 0,767 | 1,260 | (1,143) |
| 26 | 4 | 82,30 | 82,45 | 82,25 | 0,20 | 82,33 | 51 16 | | | 15 | 51 01 | 0,777 | 1,244 | (1,128) |
| 27 | 2 | 85,30 | 85,20 | 85,40 | 0,20 | 85,30 | 53 07 | | | 15 | 52 52 | 0,797 | 1,213 | (1,099) |
| 28 | 3 | 89,30 | 89,15 | 89,25 | 0,15 | 89,23 | 55 34 | | | 15 | 55 19 | 0,822 | (1,176) | 1,066 |
| 29 | 3 | 92,80 | 92,70 | 92,85 | 0,15 | 92 78 | 57 46 | | | 15 | 57 31 | 0,844 | 1,146 | (1,039) |
| 30 | 1 | 98,15 | 98,30 | 98,25 | 0,15 | 98,23 | 61 10 | | | 15 | 60 55 | 0,874 | 1,107 | (1,003) |
| 31 | 10 | 103,90 | 103,85 | 103,85 | 0,05 | 103,87 | 64 51 | 64 35 | 16 | 15 | 64 36 | 0,903 | 1,071 | (0,971) |
| 32 | 3 | 105,40 | 105,50 | 105,50 | 0,10 | 105,47 | 65 40 | | | 15 | 65 25 | 0,909 | 1,063 | (0,964) |
| 33 | 4 | 107,35 | 107,80 | 107,85 | 0,05 | 107,83 | 67 08 | | | 15 | 66 53 | 0,920 | 1,051 | (0,953) |
| 34 | 3 | 110,05 | 109,95 | 109,95 | 0,15 | 109,98 | 68 29 | | | 15 | 68 14 | 0,929 | 1,041 | (0,944) |

e. Диаграмма (рис. 12). Кривая поправок для дебаеграммы диопсида с 15% NaCl.

f. Таблица 17. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для дебаеграммы диопсида.

g. Диаграмма (рис. 13). Кривая поправок для дебаеграммы диопсида.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы диопсида. Из десяти линий характерного комплекса девять отбираются в комплекс с большей определенностью, так как их относительная интенсивность значительно выше, чем для всех остальных линий. Одна линия характерного комплекса — 10 табл. 17 имеет относитель-

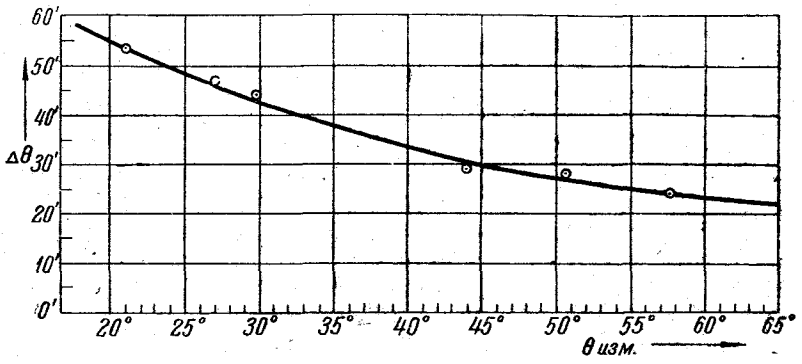



Рис. 12.

ную интенсивность, близкую к некоторым линиям, не вошедшим в комплекс, как, например, 13, 25 и 26 табл. 17.

Для характерного комплекса линий дебаеграммы диопсида особенностью является близкое расположение друг к другу двух первых линий и группировка

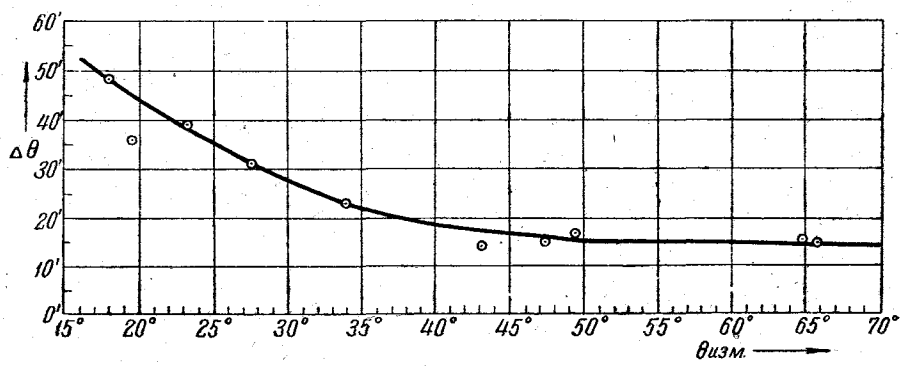



Рис. 13.

трех линий — 21, 23 и 24 с постепенно уменьшающимися расстояниями между ними и понижающейся относительной интенсивностью от центра к краям дебаеграммы. Линия 31 удалена от всех других линий характерного комплекса и располагается на краю дебаеграммы.

Таблица 18

**Относительные интенсивности *I*, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы диопсида**

| № | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}$ | № | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 17°15′ | 0,297 | 3,26 | 6 | 10 | 36°45′ | 0,598 | 1,616 |
| 2 | 10 | 18 48 | 0,322 | 3,00 | 7 | 9 | 43 00 | 0,682 | 1,418 |
| 3 | 10 | 22 32 | 0,383 | 2,523 | 8 | 8 | 47 00 | 0,731 | 1,322 |
| 4 | 5 | 27 02 | 0,455 | 2,128 | 9 | 7 | 49 04 | 0,755 | 1,280 |
| 5 | 7 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | 10 | 10 | 64 36 | 0,903 | 1,071 |

**Авгит** $n\,[SiO_3]_2\,Ca\,(Mg, Fe)\cdot m\,(Al, Fe)_2O_3$. Горный музей № 791/40

a. Структура минерала по литературным данным. R. W. G. Wyckoff, H. E. Merwin и H. S. Washington (24) устанавливают для авгита структуру, аналогичную структуре диопсида. Если ребро ячейки диопсида принять за единицу, то для ребра ячейки авгита получится от 0,997 до 1,007 в зависимости от состава. Те же авторы не устанавливают отчетливой зависимости между избытком полуторных окислов в авгитах с размерами единичной ячейки и плотностью; сравнивая же плотности, вычисленные при различных предположениях, с измеренными, они считают, что $Fe_2O_3$ и $Al_2O_3$ не просто располагаются между молекулами силиката, а частично замещают их.

b. Условия получения снимков. Оба снимка в одной и той же камере с диаметром пленкодержателя $D = 45{,}00$ *мм*.

При съемке камеры располагались таким образом, что ось камеры (ось столбика порошка) была вертикальна. Дебаеграмма авгита с каменной солью для введения поправок снималась с порошка авгита, к которому было примешано 25% NaCl, экспозиция для этой дебаеграммы составляла — 46 *час* при силе тока 7 mA. Экспозиция для дебаеграммы авгита — 52 *час* при той же силе тока.

c. Характер полученных дебаеграмм. Линии обеих дебаеграмм недостаточно резки. Недостаточная четкость линий обусловлена расположением камеры во время съемки: ось камеры располагалась вертикально — перпендикулярно к срезу антикатода. На дебаеграмме авгита получено 26 линий, на дебаеграмме авгита с 25% NaCl — 28, из них 9 линий принадлежит каменной соли. 3 линии камен-

Таблица 19

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | NaCl $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 29,40 | 29,45 | 29,30 | 0,15 | 29,38 | 18°18′ | 2 | 17 19′ | 59′ | совп. с NaCl | |
| 2 | 8 | 31,80 | 31,85 | 31,95 | 0,15 | 31,87 | 19 50 | | | | 54 | 18°56′ |
| 3 | 10 | 33,65 | 33,60 | 33,70 | 0,10 | 33,65 | 20 57 | 9 | 20 06 | 51 | | |
| 4 | 10 | 37,60 | 37,45 | 37,55 | 0,15 | 37,53 | 23 22 | | | | 48 | 22 34 |
| 5 | 2 | 41,40 | 41,35 | 41,45 | 0,10 | 41,40 | 25 47 | | | | | |
| 6 | 4 | 43,05 | 43,00 | 43,05 | 0,05 | 43,03 | 26 48 | 3 | 26 08 | 40 | | |
| 7 | 4 | 44,80 | 44,80 | 44,80 | 0,00 | 44,80 | 27 52 | | | | 42 | 27 10 |
| 8 | 4 | 47,05 | 47,10 | 47,15 | 0,10 | 47,10 | 29 20 | | | | 41 | 28 39 |
| 9 | 10 | 47,90 | 47,95 | 47,85 | 0,10 | 47,90 | 29 49 | 10 | 29 05 | 44 | | |
| 10 | 2 | 52,25 | 52,35 | 52,50 | 0,25 | 52,33 | 32 35 | | | | | |
| 11 | 3 | 55,05 | 55,15 | 55,00 | 0,15 | 55,07 | 34 17 | | | | | |
| 12 | 2 | 58,05 | 58,10 | 58,00 | 0,10 | 58,05 | 36 09 | | | | | |
| 13 | 10 | 59,90 | 59,90 | 59,95 | 0,05 | 59,92 | 37 19 | 6 | [36 32 | 47 | совп. с NaCl | |
| 14 | 2 | 62,70 | 62,60 | 62,70 | 0,10 | 62,67 | 39 01 | | | | | |
| 15 | 3 | 65,35 | 65,20 | 65,40 | 0,20 | 65,32 | 40 40 | | | | | |
| 16 | 10 | 70,30 | 70,35 | 70,30 | 0,05 | 70,28 | 43 46 | | | | 33 | 43 13 |
| 17 | 7 | 76,35 | 76,45 | 76,30 | 0,15 | 76,37 | 47 33 | | | | 31 | 47 02 |
| 18 | 1 | 78,90 | 79,00 | 78,80 | 0,20 | 78,90 | 49 08 | | | | | |
| 19 | 3 | 79,70 | 79,80 | 79,75 | 0,10 | 79,75 | 49 40 | | | | 30 | 49 10 |
| 20 | 8 | 81,40 | 81,45 | 81,50 | 0,10 | 81,45 | 50 43 | 10 | 50 13 | 30 | | |
| 21 | 2 | 83,00 | 83,05 | 83,05 | 0,05 | 83,03 | 51 42 | | | | | |
| 22 | 3 | 90,40 | 90,40 | 90,40 | 0,00 | 90,40 | 56 17 | | | | | |
| 23 | 10 | 92,90 | 92,90 | 92,85 | 0,05 | 92,88 | 57 50 | 10 | 57 19 | 31 | | |
| 24 | 4 | 102,25 | 102,25 | 102,25 | 0,00 | 102,25 | 63 10 | 2 | 63 14 | 26 | | |
| 25 | 5 | 104,30 | 104,30 | 104,40 | 0,10 | 104,33 | 64 58 | | | | 26 | 64 32 |
| 26 | 5 | 105,30 | 105,30 | 105,40 | 0,10 | 105,33 | 65 35 | | | | | |
| 27 | 7 | 111,00 | 111,00 | 110,95 | 0,05 | 110,98 | 69 07 | 4 | 69 08 | 1 | совп. с NaCl | |

ной соли накладываются на интенсивные линии авгита и поэтому не могут быть использованы для построения кривой поправок.

d. Таблица 19. Относительная интенсивность линии $I$ и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы авгита с 25% каменной соли.

e. Диаграмма (рис. 14). Кривая поправок для дебаеграммы авгита с 25% NaCl.

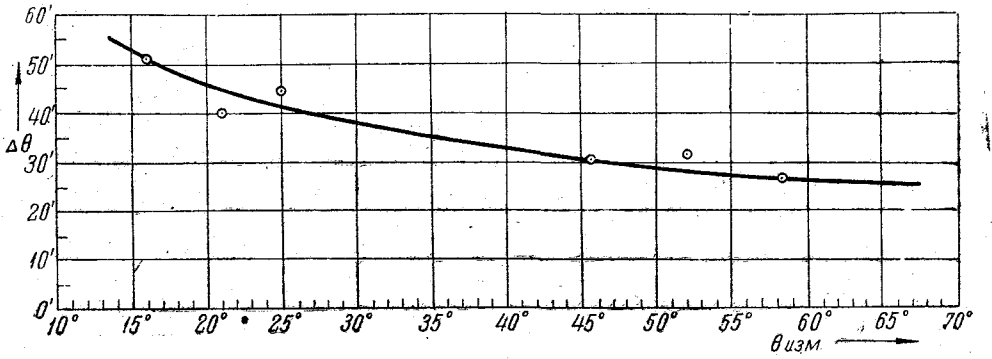



Рис. 14.

f. Таблица 20. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для дебаеграммы авгита.

Таблица 20

| № | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 29,10 | 29,05 | 29,20 | 0,15 | 29,12 | 18°08′ | совп. с NaCl | | 49′ | 17°19′ | 0,298 | 3,25 | (2,94) |
| 2 | 10 | 31,60 | 31,60 | 31,70 | 0,10 | 31,63 | 19 42 | 18°56′ | 46′ | 47 | 18 55 | 0,324 | 2,98 | (2,70) |
| 3 | 3 | 33,80 | 33,80 | 33,80 | 0,00 | 33,80 | 21 03 | | | 44 | 20 19 | 0,347 | (2,785) | 2,524 |
| 4 | 10 | 37,35 | 37,20 | 37,35 | 0,15 | 37,30 | 23 14 | 22 34 | 40 | 41 | 22 33 | 0,383 | 2,522 | (2,286) |
| 5 | 2 | 41,15 | 41,10 | 41,20 | 0,10 | 41,15 | 25 37 | | | 38 | 24 59 | 0,422 | 2,290 | (2,074) |
| 6 | 2 | 42,65 | 42,65 | 42,55 | 0,10 | 42,62 | 26 32 | | | 37 | 25 55 | 0,437 | (2,213) | 2,005 |
| 7 | 6 | 44,55 | 44,50 | 44,45 | 0,10 | 44,50 | 27 43 | 27 10 | 33 | 35 | 27 08 | 0,456 | 2,120 | (1,920) |
| 8 | 6 | 46,95 | 46,90 | 46,85 | 0,10 | 46,90 | 29 12 | 28 39 | 33 | 33 | 28 39 | 0,479 | 2,017 | (1,828) |
| 9 | 3 | 51,95 | 51,95 | 51,95 | 0 00 | 51,95 | 32 21 | | | 30 | 51 51 | 0,528 | 1,832 | (1,661) |
| 10 | 4 | 54,85 | 54,90 | 54,90 | 0,05 | 54,88 | 34 10 | | | 28 | 33 42 | 0,555 | 1,743 | (1,580) |
| 11 | 3 | 57,75 | 57,80 | 57,70 | 0,10 | 57,75 | 53 58 | | | 27 | 35 31 | 0,581 | 1,665 | 1,508 |
| 12 | 10 | 59,55 | 59,65 | 59,65 | 0,10 | 59,62 | 37 07 | совп. с NaCl | | 26 | 36 41 | 0,597 | 1,619 | (1,467) |
| 13 | 4 | 62,45 | 62,40 | 62,45 | 0,05 | 62,43 | 38 52 | | | 25 | 38 27 | 0,622 | (1,555) | 1,410 |
| 14 | 5 | 65,00 | 64,90 | 65,00 | 0,10 | 64,98 | 40 26 | | | 24 | 40 02 | 0,643 | 1,503 | (1,363) |
| 15 | 10 | 69,90 | 70,00 | 70,00 | 0,10 | 69 98 | 43 35 | 43 13 | 22 | 22 | 43 13 | 0,685 | 1,412 | (1,280) |
| 16 | 8 | 76,00 | 76,00 | 75,85 | 0,15 | 75,95 | 47 17 | 47 02 | 15 | 21 | 46 56 | 0,730 | 1,324 | (1,200) |
| 17 | 6 | 79,70 | 79,55 | 79,60 | 0,15 | 79,63 | 49 35 | 49 10 | 25 | 20 | 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) |
| 18 | 4 | 82,30 | 82,35 | 82,30 | 0,05 | 82,32 | 51 16 | | | 20 | 50 56 | 0,776 | 1,246 | (1,129) |
| 19 | 2 | 89,80 | 89,80 | 89,80 | 0,00 | 89 80 | 55 55 | | | 19 | 55 36 | 0,825 | (1,172) | 1,062 |
| 20 | 3 | 92,20 | 92,15 | 92,20 | 0,05 | 92,18 | 57 24 | | | 19 | 57 05 | 0,839 | 1,152 | (1,044) |
| 21 | 2 | 98,20 | 98,00 | 98,20 | 0,20 | 98,13 | 61 06 | | | 18 | 60 48 | 0,873 | 1,108 | (1,004) |
| 22 | 10 | 104,15 | 104,10 | 104,20 | 0,10 | 104,15 | 64 51 | 64 32 | 19 | 18 | 64 33 | 0,903 | 1,071 | (0,971) |
| 23 | 3 | 105,00 | 105,00 | 105,10 | 0,10 | 105,03 | 65 24 | | | 18 | 65 06 | 0,907 | 1,066 | (0,966) |
| 24 | 3 | 107,50 | 107,60 | 107,55 | 0,10 | 107,55 | 66 58 | | | 18 | 66 40 | 0,918 | 1,053 | (0,955) |
| 25 | 2 | 110,00 | 110,10 | 109,95 | 0,15 | 110,03 | 68 31 | | | 18 | 68 13 | 0,929 | 1,041 | 0,944 |

g. Диаграмма (рис. 15). Кривая поправок для дебаеграммы авгита.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы авгита. Все десять линий характерного комплекса дебаеграммы авгита вызваны излучением $K_\alpha Fe$ и резко выделяются по своей относительной интенсивности от других линий авгита. Особенностью расположения линий комплекса является близость друг к другу пар линий:

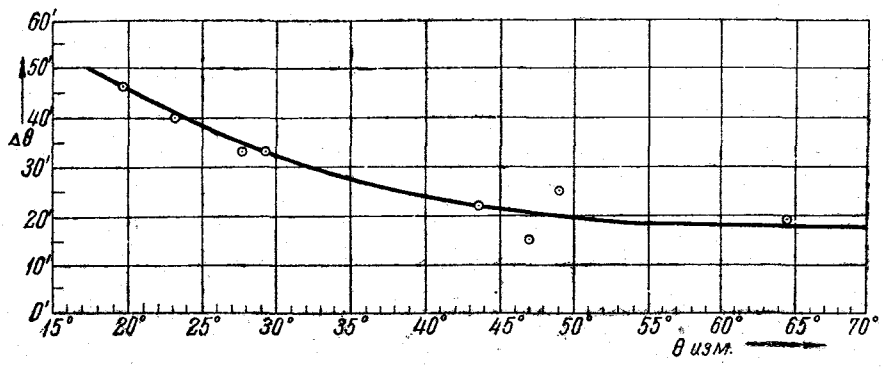



Рис. 15.

1, 2, 7 и 8, последняя пара состоит из линий с одинаковой относительной интенсивностью; три линии 15, 16 и 17 таблицы 20 располагаются так же, как и соответствующие им линии диопсида. Одна линия характерного комплекса 22— в области больших углов — удалена от всех остальных линий характерного комплекса.

Таблица 21

**Относительные интенсивности *I*, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы авгита**

| № | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}$ | № | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 17°19′ | 0,298 | 3,25 | 6 | 10 | 36°41′ | 0,597 | 1,619 |
| 2 | 10 | 18 55 | 0,324 | 2,98 | 7 | 10 | 43 13 | 0,685 | 1,412 |
| 3 | 10 | 22 33 | 0,383 | 2,522 | 8 | 8 | 46 56 | 0,730 | 1,324 |
| 4 | 6 | 27 08 | 0,456 | 2,120 | 9 | 6 | 49 15 | 0,758 | 1,277 |
| 5 | 6 | 28 39 | 0,479 | 2,017 | 10 | 10 | 64 33 | 0,903 | 1,071 |

**Гиперстен** $[SiO_3]_2$ (Mg, Fe). Горный музей № 781/7

a. Структура минерала по литературным данным. R. W. G. Wyckoff, H. E. Merwin и H. S. Washington (24) устанавливают для гиперстена структуру, аналогичную структуре энстатита. Отличие в размерах элементарных ячеек этих двух минералов незначительное. Именно, для двух различных гиперстенов в указанной работе авторы приводят размеры ячеек 0,998 и 1,010, если принять размеры ячейки энстатита за единицу. Пространственная группа симметрии энстатита $V_h^{15}$ определена B. E. Warren и D. I. Modell (25). Размеры элементарной ячейки энстатита следующие: $a = 18{,}20$ Å; $b = 8{,}85$ Å; $c = 5{,}20$ Å. В структуре гиперстена каждый атом окружен четырьмя атомами кислорода, расположенными приблизительно по вершинам правильного тетраэдра. В каждой тетраэдрической группе два атома кислорода являются общими с соседней группой. Связанные таким образом тетраэдры образуют бесконечные цепочки параллельно оси кристалла. Эти цепочки скрепляются между собой атомами Mg и Fe.

b. Условия получения снимков. Камера для снимков гиперстена и гиперстена с 15% NaCl была одна и та же, диаметр пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*. Ось камеры во время экспозиции располагалась горизонтально. Экспозиция для дебае-

граммы гиперстена составляла 54 *час* при силе тока в трубке 6 mA, для гиперстена с 15% NaCl — 65 *час* при той же силе тока.

c. Характер полученных дебаеграмм. Четкость линий обеих дебаеграмм хорошая. На дебаеграмме с 15% NaCl имеется 33 линии, из них 13 относится к каменной соли. Часть линий каменной соли совпадает с линиями гиперстена. На дебаеграмме гиперстена получено 27 линий, концы этой дебаеграммы завуалированы несколько больше, чем обычно. Большинство линий гиперстена группируются в двух участках дебаеграммы — близко к первичному пучку лучей и в средней части дебаеграммы.

d. Таблица 22. Относительные интенсивности линий и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы гиперстена с 15% NaCl.

Таблица 22

| №№ | $I$ | Измерение | | | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм.}$ | NaCl | | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | | | | $I$ | $\theta_{NaCl}$ | | | |
| 1 | 5 | 23,05 | 23,10 | 23,00 | 0,10 | 23,05 | 14°21′ | | | | | |
| 2 | 3 | 26,95 | 26,95 | 26,90 | 0,05 | 26,93 | 16 46 | | | | | |
| 3 | 2 | 28,45 | 28,55 | 28,60 | 0,15 | 28,53 | 17 46 | | | | | |
| 4 | 8 | 29,60 | 29,70 | 29,65 | 0,10 | 29,65 | 18 28 | | | | 53′ | 17°35′ |
| 5 | 4 | 30,40 | 30,40 | 30,40 | 0,00 | 30,40 | 18 56 | 4 | 18°09′ | 47′ | | |
| 6 | 2 | 31,70 | 31,80 | 31,80 | 0,10 | 31,77 | 19 47 | | | | | |
| 7 | 4 | 32,75 | 32,80 | 32,80 | 0,05 | 32,78 | 20 25 | | | | 51 | 19 34 |
| 8 | 10 | 33,55 | 33,60 | 33,65 | 0,10 | 33,60 | 20 55 | 9 | 20 06 | 49 | | |
| 9 | 2 | 34,70 | 34,70 | 34,80 | 0,10 | 34,73 | 21 37 | | | | | |
| 10 | 4 | 37,15 | 37,20 | 37,20 | 0,05 | 37,18 | 23 09 | | | | 49 | 20 20 |
| 11 | 4 | 38,00 | 38,00 | 38,00 | 0,00 | 38,00 | 23 40 | | | | 48 | 22 52 |
| 12 | 1 | 40,35 | 40,45 | 40,45 | 0,10 | 40,42 | 25 16 | | | | | |
| 13 | 7 | 43,20 | 43,25 | 43,15 | 0,10 | 43,20 | 26 53 | 3 | 26 08 | 45 | | |
| 14 | 6 | 44,90 | 45,00 | 44,95 | 0,10 | 44,95 | 27 59 | | | | 45 | 27 14 |
| 15 | 10 | 47,85 | 47,90 | 47,90 | 0,05 | 47,87 | 29 49 | 10 | 29 05 | 44 | | |
| 16 | 2 | 48,55 | 48,50 | 48,65 | 0,15 | 48,57 | 30 14 | | | | | |
| 17 | 4 | 53,65 | 53,55 | 53,55 | 0,10 | 53,58 | 33 22 | 2 | 32 39 | 43 | | |
| 18 | 3 | 56,85 | 56,85 | 56,90 | 0,05 | 56,87 | 35 25 | | | | | |
| 19 | 9 | 59,70 | 59,70 | 59,70 | 0,00 | 59,70 | 37 10 | 6 | 36 32 | 42 | | |
| 20 | 2 | 60,85 | 60,80 | 60,80 | 0,05 | 60,82 | 37 52 | | | | 40 | 37 12 |
| 21 | 3 | 64,00 | 64,00 | 64,05 | 0,05 | 64,02 | 39 52 | | | | 39 | 39 13 |
| 22 | 4 | 66,05 | 66,15 | 66,10 | 0,10 | 66,10 | 41 10 | | | | 38 | 40 32 |
| 23 | 4 | 66,80 | 66,70 | 66,65 | 0,15 | 66,72 | 41 33 | | | | | |
| 24 | 6 | 70,70 | 70,75 | 70,75 | 0,05 | 70,73 | 44 02 | 4 | 43 25 | 37 | | |
| 25 | 6 | 71,95 | 71,90 | 71,90 | 0,05 | 71,92 | 44 47 | | | | 37 | 44 10 |
| 26 | 1 | 75,30 | 75,20 | 75,30 | 0,10 | 75,27 | 46 52 | | | | | |
| 27 | 3 | 77,85 | 77,90 | 77,90 | 0,05 | 77,88 | 48 29 | | | | 35 | 47 54 |
| 28 | 2 | 78,75 | 78,80 | 78,80 | 0,05 | 78,78 | 49 03 | 1 | 48 30 | 33 | | |
| 29 | 3 | 80,85 | 80,95 | 80,95 | 0,10 | 80,92 | 50 23 | | | | | |
| 30 | 10 | 81,70 | 81,70 | 81,70 | 0,00 | 81,70 | 50 52 | 10 | 50 13 | 39 | | |
| 31 | 10 | 92,90 | 92,95 | 92,90 | 0,05 | 92,92 | 57 52 | 10 | 57 19 | 33 | | |
| 32 | 2 | 102,45 | 102,25 | 102,35 | 0,20 | 102,35 | 63 44 | 2 | 63 14 | 30 | | |
| 33 | 4 | 108,25 | 108,15 | 108,20 | 0,10 | 108,20 | 67 23 | | | | 30 | 66 53 |

e. Диаграмма (рис. 16). Кривая поправок для дебаеграммы гиперстена с 15% NaCl.

f. Таблица 23. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$—между плоскими сетками для дебаеграммы гиперстена.

g. Диаграмма (рис. 17). Кривая поправок для дебаеграммы гиперстена. Линия 27 таблицы 23 использована для построения кривой поправок для дебае-

граммы гиперстена наряду с линиями характерного комплекса для того, чтобы получить данные для кривой в области больших углов. На диаграмме 16 точка, соответствующая этой линии, обозначена черным кружочком.

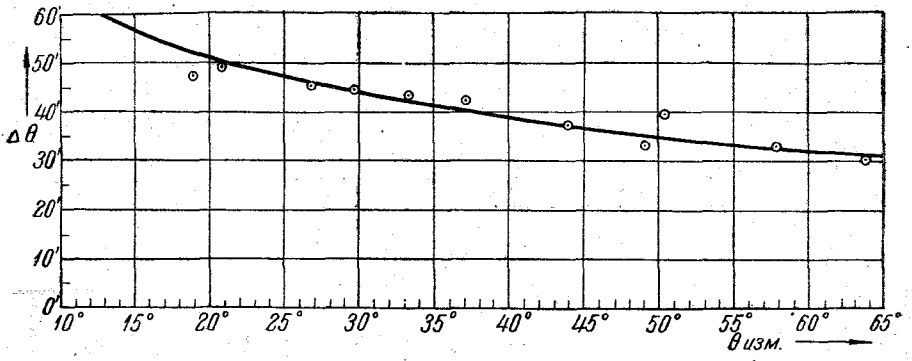



Рис. 16.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы гиперстена. Линии характерного комплекса дебаеграммы гиперстена имеют своеобразное, отличное от других дебаеграмм размещение. Именно—пять линий группируются близко к первичному пучку лучей в пределах углов отблеска от 17° до 28° и пять линий в средней

Таблица 23

| №№ | I | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_К$ | $\Delta\theta_К$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_a}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 27,05 | 27,05 | 27,10 | 0,05 | 27,07 | 16°53′ | | | 62′ | 15°51′ | 0,273 | (3,54) | 3,21 |
| 2 | 3 | 28,45 | 28,50 | 28,50 | 0,05 | 28,48 | 17 44 | | | 60 | 16 44 | 0,288 | 3,36 | (3,04) |
| 3 | 10 | 29,85 | 29,85 | 29,85 | 0,00 | 29,85 | 18 35 | 17°35′ | 60′ | 58 | 17 37 | 0,303 | 3,20 | (2,90) |
| 4 | 2 | 31,85 | 31,85 | 31,95 | 0,10 | 31,88 | 19 53 | | | 56 | 18 57 | 0,325 | 2,975 | (2,707) |
| 5 | 8 | 32,85 | 32,90 | 32,90 | 0,05 | 32,88 | 20 28 | 19 34 | 54 | 55 | 19 33 | 0,335 | 2,890 | (2,619) |
| 6 | 3 | 34,80 | 34,80 | 34,80 | 0,00 | 34,80 | 21 40 | | | 53 | 20 47 | 0,355 | 2,725 | (2,470) |
| 7 | 5 | 37,15 | 37,15 | 37,20 | 0,05 | 37,18 | 23 09 | 20 20 | 49 | 52 | 22 17 | 0,379 | 2,550 | (2,312) |
| 8 | 5 | 38,20 | 38,20 | 38,20 | 0,00 | 38,20 | 23 47 | 22 52 | 55 | 51 | 22 56 | 0,390 | 2,479 | (2,249) |
| 9 | 1 | 42,50 | 42,55 | 42,45 | 0,10 | 42,50 | 26 28 | | | 48 | 25 40 | 0,433 | 2,233 | (2,024) |
| 10 | 5 | 45,00 | 45,05 | 45,05 | 0,05 | 45,03 | 28 02 | 27 14 | 48 | 47 | 27 15 | 0,459 | 2,112 | (2,914) |
| 11 | 2 | 47,00 | 47,00 | 47,05 | 0,05 | 47,02 | 29 17 | | | 46 | 28 31 | 0,477 | 2,026 | (1,836) |
| 12 | 4 | 48,80 | 48,70 | 48,85 | 0,15 | 48,78 | 30 22 | | | 45 | 29 37 | 0,494 | 1,957 | 1,774 |
| 13 | 4 | 53,85 | 53,85 | 53,95 | 0,10 | 53,88 | 33 33 | | | 43 | 32 50 | 0,542 | 1,784 | 1,617 |
| 14 | 2 | 55,45 | 55,50 | 55,50 | 0,05 | 55,48 | 35 33 | | | 42 | 34 51 | 0,571 | 1,692 | 1,534 |
| 15 | 3 | 57,45 | 57,45 | 57,55 | 0,10 | 57,48 | 36 47 | | | 41 | 36 06 | 0,589 | 1,641 | 1,488 |
| 16 | 6 | 60,80 | 60,85 | 60,75 | 0,10 | 60,80 | 37 52 | 37 12 | 40 | 40 | 37 12 | 0,605 | 1,599 | (1,450) |
| 17 | 5 | 64,20 | 64,15 | 64,20 | 0,05 | 64,18 | 39 58 | 39 13 | 45 | 40 | 39 18 | 0,633 | 1,527 | (1,384) |
| 18 | 8 | 66,15 | 66,20 | 66,25 | 0,10 | 66,20 | 41 14 | 40 32 | 42 | 39 | 40 35 | 0,651 | 1,486 | (1,347) |
| 19 | 2 | 69,90 | 69,95 | 69,95 | 0,05 | 69,93 | 43 32 | | | 38 | 42 54 | 0,681 | 1,421 | (1,288) |
| 20 | 6 | 71,95 | 71,85 | 71,90 | 0,10 | 71,90 | 44 46 | 44 10 | 36 | 38 | 44 08 | 0,696 | 1,389 | (1,259) |
| 21 | 3 | 75,00 | 75,00 | 75,05 | 0,05 | 75,02 | 46 43 | | | 37 | 46 06 | 0,721 | 1,342 | (1,217) |
| 22 | 5 | 77,85 | 77,90 | 77,95 | 0,10 | 77,90 | 48 30 | 47 54 | 36 | 37 | 47 53 | 0,742 | 1,304 | 1,182 |
| 23 | 4 | 80,80 | 80,80 | 80,90 | 0,10 | 80,83 | 50 20 | | | 36 | 49 44 | 0,763 | 1,267 | (1,149) |
| 24 | 2 | 82,10 | 82,10 | 82,15 | 0,05 | 82,12 | 51 08 | | | 36 | 50 32 | 0,772 | 1,253 | (1,135) |
| 25 | 2 | 88,90 | 88,90 | 88,90 | 0,00 | 88,90 | 55 22 | | | 35 | 54 47 | 0,817 | 1,184 | (1,073) |
| 26 | 2 | 105,50 | 105,30 | 105,40 | 0,20 | 105,40 | 65 38 | | | 33 | 65 05 | 0,907 | 1,066 | (0,967) |
| 27 | 4 | 108,20 | 108,25 | 108,30 | 0,10 | 105,25 | 67 25 | 66 53 | 32 | 32 | 66 53 | 0,920 | 1,051 | (0,953) |

части дебаеграммы в пределах от 37° до 49°. Две линии 7 и 8 (табл. 23) образуют дублет, который характерен для гиперстена.

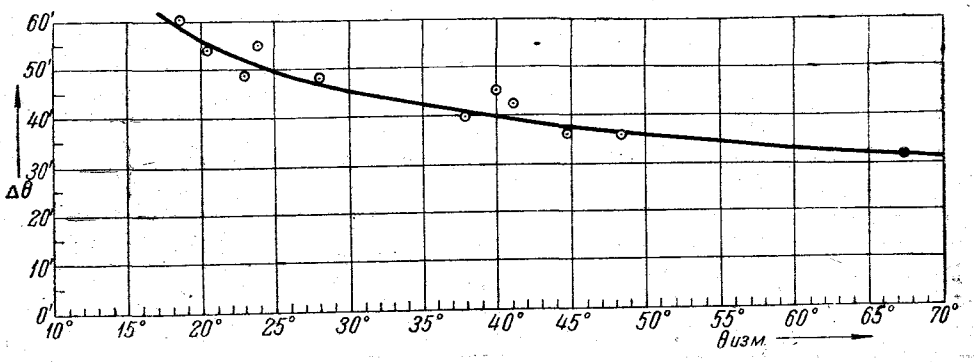



Рис. 17.

Таблица 24

**Относительные интенсивности *I*, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$—между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы гиперстена**

| №№ | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | №№ | *I* | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 17°37′ | 0,303 | 3,20 | 6 | 6 | 37°12′ | 0,605 | 1,599 |
| 2 | 8 | 19 33 | 0,335 | 2,890 | 7 | 5 | 39 18 | 0,633 | 1,527 |
| 3 | 5 | 22 17 | 0,379 | 2,550 | 8 | 8 | 40 35 | 0,651 | 1,486 |
| 4 | 5 | 22 56 | 0,390 | 2,482 | 9 | 6 | 44 08 | 0,696 | 1,389 |
| 5 | 5 | 27 15 | 0,458 | 2,112 | 10 | 5 | 47 53 | 0,742 | 1,304 |

**Волластонит** $[SiO_3]_2Ca$. Горный музей № 796/1

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония моноклинная, R. W. G. Wyckoff, H. E. Merwin и H. S. Washington (24) устанавливают для волластонита на основании дебаеграммы структуру, отличную от структуры диопсида, энстатита и родонита. Они выделяют структуру волластонита в особый тип структур пироксенов.

b. Условия получения снимков. Дебаеграммы волластонита и волластонита с 25% NaCl получены в камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*: Экспозиция для них 42 и 57 *час* соответственно при силе тока в трубке — 6 mA. Первая из этих дебаеграмм получена при горизонтальном расположении оси камеры, вторая—при вертикальном.

c. Характер полученных дебаеграмм. Линии дебаеграммы волластонита отличаются своей четкостью, но интенсивность их сравнительно с линиями других дебаеграмм—меньшая, на этой дебаеграмме получено 33 линии.

Дебаеграмма волластонита с 25% NaCl имеет 27 линий. Вследствие вертикального положения оси камеры при съемке как линии волластонита, так и линии каменной соли получились несколько различными. 25%-ная примесь каменной соли оказалась слишком большой для волластонита, в результате чего на дебаеграмме линии каменной соли имеют значительно бо́льшую относительную интенсивность, чем линии волластонита.

d. Таблица 25. Относительные интенсивности линий и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы волластонита с 25% NaCl.

Таблица 25

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | NaCl $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta'_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 25,05 | 25,00 | 25,00 | 0,05 | 25,02 | 15°35′ | | | | 65′ | 14°30′ |
| 2 | 1 | 27,35 | 27,40 | 27,40 | 0,05 | 27,38 | 17 03 | | | | | |
| 3 | 4 | 28,95 | 28,90 | 28,90 | 0,05 | 28,92 | 18 02 | 2 | 17°19′ | 43′ | совп. с NaCl | |
| 4 | 3 | 30,90 | 30,70 | 30,80 | 0,20 | 30,80 | 19 11 | 4 | 18 09 | 62 | | |
| 5 | 5 | 32,20 | 32,15 | 32,25 | 0,10 | 32,20 | 20 03 | | | | 60 | 19 03 |
| 6 | 10 | 33,85 | 33,85 | 33,80 | 0,05 | 33,83 | 21 04 | 9 | 20 06 | 58 | | |
| 7 | 1 | 37,40 | 37,50 | 37,50 | 0,10 | 37,47 | 23 20 | | | | | |
| 8 | 2 | 37,95 | 37,95 | 38,10 | 0,15 | 38,00 | 23 40 | | | | | |
| 9 | 4 | 41,00 | 40,95 | 41,00 | 0,05 | 40,98 | 25 31 | | | | 56 | 24 35 |
| 10 | 3 | 43,45 | 43,40 | 43,35 | 0,10 | 43,40 | 27 02 | 3 | 26 08 | 54 | | |
| 11 | 4 | 43,95 | 44,00 | 43,90 | 0,10 | 43,95 | 27 22 | | | | 55 | 26 27 |
| 12 | 10 | 48,15 | 48,20 | 48,20 | 0,05 | 48,18 | 30 00 | 10 | 29 05 | 55 | | |
| 13 | 2 | 52,55 | 52,55 | 52,55 | 0,00 | 52,55 | 32 43 | | | | | |
| 14 | 6 | 56,75 | 56,75 | 56,90 | 0,15 | 56,80 | 35 22 | | | | 50 | 34 32 |
| 15 | 9 | 60,20 | 60,20 | 60,15 | 0,05 | 60,18 | 37 28 | 6 | 36 32 | 56 | совп. с NaCl | |
| 16 | 1 | 64,05 | 63,85 | 64,00 | 0,20 | 63,97 | 39 50 | | | | | |
| 17 | 3 | 67,20 | 67,25 | 67,30 | 0,10 | 67,25 | 41 53 | | | | 48 | 41 05 |
| 18 | 4 | 71,05 | 71,05 | 71,10 | 0,05 | 71,07 | 44 15 | 4 | 43 25 | 50 | 4 | |
| 19 | 3 | 74,20 | 74,20 | 74,20 | 0,00 | 74,20 | 46 12 | | | | 46 | 45 26 |
| 20 | 1 | 79,60 | 79,75 | 79,70 | 0,15 | 79,68 | 49 37 | | | | | |
| 21 | 10 | 81,90 | 81,95 | 81,85 | 0,10 | 81,90 | 51 00 | 10 | 50 13 | 47 | | |
| 22 | 2 | 86,40 | 86,50 | 86,60 | 0,20 | 86,50 | 53 52 | | | | | |
| 23 | 3 | 90,60 | 90,80 | 90,65 | 0,20 | 90,68 | 56 28 | | | | 42 | 55 46 |
| 24 | 10 | 93,20 | 93,15 | 93,20 | 0,05 | 93,18 | 58 01 | 10 | 57 19 | 42 | | |
| 25 | 2 | 98,75 | 98,75 | 98,75 | 0,10 | 98,75 | 61 29 | | | | | |
| 26 | 1 | 101,80 | 101,70 | 101,70 | 0,10 | 101,73 | 63 21 | | | | | |
| 27 | 2 | 109,40 | 109,30 | 109,20 | 0,20 | 109,30 | 68 04 | | | | | |
| 28 | 2 | 112,20 | 112,20 | 112,15 | 0,05 | 112,18 | 69 51 | 4 | 19 08 | 43 | | |

e. Диаграмма (рис. 18). Кривая поправок для дебаеграммы волластонита с 25% NaCl.

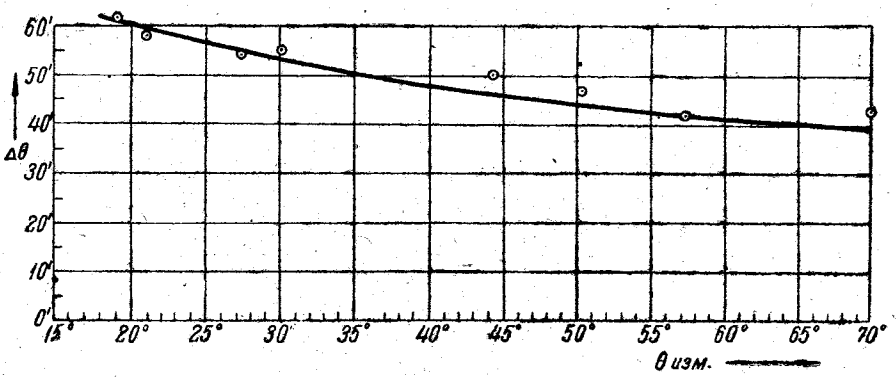



Рис. 18.

f. Таблица 26. Относительные интенсивности линий, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для дебаеграммы волластонита.

g. Диаграмма (рис. 19). Кривая поправок для дебаеграммы волластонита. Для построения кривой поправок дебаеграммы волластонита использованы только

Таблица 26

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 24,65 | 24,65 | 24,65 | 0,00 | 24,65 | 15°21′ | 14°30′ | 51′ | 53′ | 14 28′ | 0,250 | 3,88 | 3,50 |
| 2 | 4 | 26,95 | 26,90 | 26,95 | 0,05 | 26,93 | 16 46 | | | 48 | 15 58 | 0,275 | 3,51 | (3,19) |
| 3 | 8 | 28,50 | 28,55 | 28,50 | 0,05 | 28,53 | 17 46 | совп. с NaCl | | 45 | 17 01 | 0,293 | 3,30 | 2,99 |
| 4 | 4 | 30,55 | 30,50 | 30,55 | 0,05 | 30,53 | 19 01 | | | 42 | 18 19 | 0,314 | 3,08 | (2,79) |
| 5 | 10 | 31,65 | 31,60 | 31,75 | 0,15 | 31,67 | 19 43 | 19 03 | 40 | 40 | 19 03 | 0,326 | 2,963 | (2,685) |
| 6 | 1 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 0,00 | 33,55 | 20 53 | | | 38 | 20 15 | 0,346 | (2,794) | 2,535 |
| 7 | 3 | 34,60 | 34,55 | 34,55 | 0,05 | 34,57 | 21 32 | | | 36 | 20 56 | 0,357 | 2,708 | (2,455) |
| 8 | 3 | 36,95 | 36,90 | 36,95 | 0,05 | 36,93 | 23 00 | | | 35 | 22 25 | 0,381 | 2,535 | (2,299) |
| 9 | 4 | 38,05 | 38,00 | 38,05 | 0,05 | 38,03 | 23 41 | | | 32 | 23 09 | 0,393 | 2,460 | (2,230) |
| 10 | 5 | 40,30 | 40,35 | 40,25 | 0,10 | 40,30 | 25 05 | 24 35 | 30 | 31 | 24 34 | 0,416 | 2,326 | (2,108) |
| 11 | 4 | 41,05 | 41,00 | 40,90 | 0,15 | 40,99 | 25 31 | | | 30 | 25 30 | 0,431 | 2,246 | (2,026) |
| 12 | 6 | 43,35 | 43,35 | 43,40 | 0,05 | 43,37 | 27 00 | 26 27 | 33 | 28 | 26 32 | 0,447 | 2,165 | (1,962) |
| 13 | 4 | 47,05 | 47,00 | 47,05 | 0,05 | 47 03 | 29 17 | | | 26 | 28 51 | 0,483 | 2,004 | 1,817 |
| 14 | 2 | 47,80 | 47,70 | 47,90 | 0 20 | 47,80 | 29 46 | | | 26 | 29 20 | 0,490 | 1,974 | (1,789) |
| 15 | 3 | 50,90 | 50,80 | 50,80 | 0,10 | 50,83 | 31 39 | | | 25 | 31 14 | 0,519 | 1,865 | (1,690) |
| 16 | 5 | 52,30 | 52,30 | 52,40 | 0,10 | 52,33 | 32 35 | | | 24 | 32 11 | 0,533 | 1,817 | (1,646) |
| 17 | 4 | 54,65 | 54,80 | 54,80 | 0,15 | 54,75 | 34 05 | | | 23 | 33 42 | 0,555 | 1,743 | (1,580) |
| 18 | 7 | 56,10 | 56,05 | 56,15 | 0,10 | 56,10 | 34 55 | 34 32 | 23 | 22 | 34 33 | 0,567 | 1,707 | (1,546) |
| 19 | 2 | 59,50 | 59,70 | 59,70 | 0,20 | 59,63 | 37 08 | | | 21 | 36 47 | 0,599 | (1,615) | 1,464 |
| 20 | 6 | 60,55 | 60,55 | 60,55 | 0,00 | 60,55 | 37 42 | совп. с NaCl | | 21 | 37 21 | 0,607 | 1,594 | (1,445) |
| 21 | 4 | 63,90 | 63,90 | 63,85 | 0,05 | 63,88 | 39 47 | | | 20 | 39 27 | 0,635 | 1,522 | (1,380) |
| 22 | 6 | 66,45 | 66,45 | 66,55 | 0,10 | 66,48 | 41 24 | 41 05 | 19 | 20 | 41 04 | 0,657 | 1,471 | (1,334) |
| 23 | 5 | 67,90 | 67,80 | 67,80 | 0,10 | 67,83 | 42 14 | | | 19 | 41 55 | 0,668 | 1,448 | (1,312) |
| 24 | 1 | 71,55 | 71,65 | 71,75 | 0,20 | 71,65 | 44 37 | | | 19 | 44 18 | 0,698 | 1,385 | (1,255) |
| 25 | 6 | 73,65 | 73,60 | 73,55 | 0,10 | 73,60 | 45 50 | 45 26 | 24 | 18 | 45 32 | 0,714 | 1,355 | (1,228) |
| 26 | 2 | 75,50 | 75,40 | 75,40 | 0,10 | 75,43 | 46 58 | | | 18 | 46 40 | 0,727 | 1,329 | (1,205) |
| 27 | 3 | 80 80 | 80,80 | 80,80 | 0,00 | 80,80 | 50 19 | | | 17 | 50 02 | 0,766 | 1,262 | 1,144 |
| 28 | 3 | 85,60 | 85,75 | 85,65 | 0,15 | 85,67 | 53 21 | 55 46 | 16 | 17 | 53 04 | 0,799 | 1,210 | (1,097) |
| 29 | 5 | 90,00 | 90,00 | 90,00 | 0,00 | 90,00 | 56 02 | | | 16 | 55 46 | 0,827 | 1,170 | (1,060) |
| 30 | 2 | 94,20 | 94,10 | 94,10 | 0,20 | 94,10 | 58 36 | | | 16 | 58 20 | 0,851 | 1,136 | (1,030) |
| 31 | 3 | 98,50 | 98,40 | 98,50 | 0,10 | 98,47 | 61 19 | | | 16 | 61 03 | 0,875 | 1,105 | (1,002) |
| 32 | 4 | 100,70 | 100,65 | 100,70 | 0,05 | 100,68 | 62 41 | | | 15 | 62 26 | 0,886 | 1,092 | (1,989) |
| 33 | 4 | 114,25 | 114,10 | 114,10 | 0,15 | 114,05 | 71 05 | | | 15 | 69 50 | 0,939 | 1,030 | (0,934) |

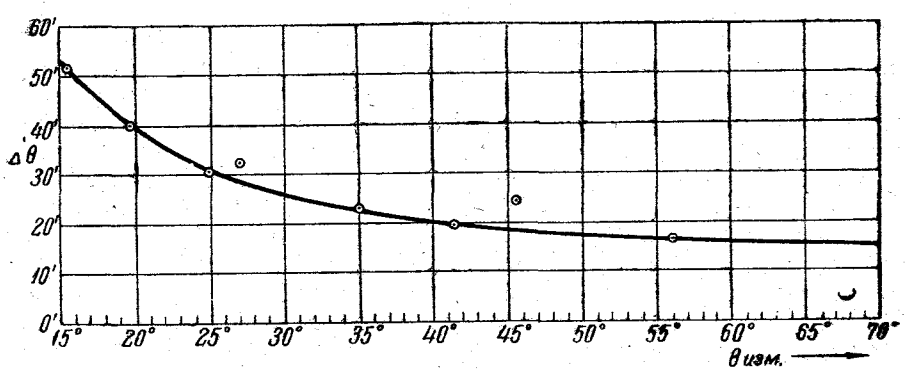



Рис. 19.

восемь линий характерного комплекса, остальные две совпадают с интенсивными линиями каменной соли.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы волластонита. Из десяти линий характерного комплекса волластонита две, расположенные в области малых углов, выделяются своей большой относительной интенсивностью. Остальные линии комплекса имеют средние и близкие друг к другу относительные интенсивности.

Таблица 27

**Относительные интенсивности $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $\frac{d}{n}$ между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы волластонита**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_\alpha}{n}$ | $\frac{d_\beta}{n}$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_\alpha}{n}$ | $\frac{d_\beta}{n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 14°28′ | 0,250 | 3,88 | | 6 | 7 | 34°33′ | 0,567 | 1,705 | |
| 2 | 8 | 17 01 | 0,293 | 3,30 | 2,99 | 7 | 6 | 37 21 | 0,607 | 1,594 | |
| 3 | 10 | 19 03 | 0,326 | 2,963 | | 8 | 6 | 41 04 | 0,657 | 1,471 | |
| 4 | 5 | 24 34 | 0,416 | 2,326 | | 9 | 6 | 45 32 | 0,714 | 1,355 | |
| 5 | 6 | 26 32 | 0,447 | 2,165 | | 10 | 5 | 55 46 | 0,827 | 1,170 | |

**Альбит** $NaAlSi_3O_8$. Горный музей № 833/20

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония триклинная. Структура плагиоклазов дана Schiebold (26; 27). Пространственная группа симметрии $C_i^1$. Размеры элементарной ячейки: $a=8{,}23$ Å; $b=13{,}00$ Å; $c=7{,}25$ Å, $\alpha=94°03'$; $\beta=116°29'$; $\gamma=88°09'$. Атомы кислорода тетраэдрически окружают как атомы кремния, так и атомы алюминия. Каждый атом кислорода является общим для двух тетраэдрических групп. Связанные таким образом тетраэдры образуют каркас, внутри которого размещаются ионы Na или Ca и Na — для лабрадора и анортита.

b. Условия получения снимков. Экспозиция для получения снимков плагиоклазов в наших условиях необходима более длительная, примерно в $1^1/_2$—2 раза, чем для других силикатов. Снимки альбита были получены в камере с диаметром пленкодержателя $D=46{,}00$ *мм*. Экспозиция для дебаеграммы альбита составляла 77 *час* при силе тока в трубке 7 mA, для дебаеграммы альбита с 12% NaCl — 36 *час* при той же силе тока.

c. Характер полученных дебаеграмм. На дебаеграмме альбита получено 52 линии, которые, несмотря на длительную экспозицию, имеют более слабую интенсивность по сравнению с дебаеграммами других силикатов, четкость же линий очень хорошая. Одна линия в области малых углов дебаеграммы имеет резко выделяющуюся, большую относительную интенсивность. В таблице для дебаеграммы альбита эта линия оценена баллом 20.

Из 43 линий дебаеграммы альбита с 12% NaCl 10 линий принадлежат каменной соли. Несмотря на малое количество примеси каменной соли к порошку альбита для этой дебаеграммы, линии каменной соли вследствие большой экспозиции имеют бо́льшую интенсивность по сравнению с линиями альбита.

d. Таблица 28. Относительные интенсивности линий $I$ и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы альбита с 12% NaCl.

e. Диаграмма (рис. 20). Кривая поправок для дебаеграммы альбита с 12% NaCl.

f. Таблица 29. Относительные интенсивности линий, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ между плоскими сетками для дебаеграммы альбита.

g. Диаграмма (рис. 21). Кривая поправок для дебаеграммы альбита. Линия 51 табл. 29 использована для построения кривой поправок для дебаеграммы альбита наряду с линиями характерного комплекса для того, чтобы получить данные для построения кривой в области малых углов. На диаграмме точка, соответствующая этой линии, обозначена черным кружочком.

Таблица 28

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | NaCl $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $1\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 21,45 | 21,45 | 21,45 | 0,00 | 21,45 | 13°22′ | | | | 58′ | 13°42′ |
| 2 | 10 | 23,55 | 23,55 | 23,55 | 0,00 | 23,55 | 14 40 | | | | | |
| 3 | 3 | 25,05 | 25,10 | 25,20 | 0,15 | 25,12 | 15 33 | | | | | |
| 4 | 4 | 25,85 | 25,85 | 25.80 | 0,05 | 25,83 | 16 05 | | | | | |
| 5 | 7 | 26,85 | 26,85 | 26,85 | 0,00 | 26,85 | 16 43 | | | | 54 | 15 49 |
| 6 | 2 | 28,05 | 27,95 | 27,95 | 0,10 | 27,98 | 17 25 | | | | | |
| 7 | 20 | 29,55 | 29,55 | 29,55 | 0,00 | 29,55 | 18 24 | | | | 52 | 17 32 |
| 8 | 3 | 30,45 | 30,45 | 30,45 | 0,00 | 30,45 | 18 57 | 4 | 18°09′ | 48′ | | |
| 9 | 6 | 31,95 | 31,95 | 32,05 | 0,10 | 31,97 | 19 54 | | | | 50 | 19 04 |
| 10 | 10 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 0,00 | 33,55 | 20 53 | 9 | 20 06 | 47 | | |
| 11 | 1 | 35,65 | 35,60 | 35,60 | 0,05 | 35,62 | 22 11 | | | | | |
| 12 | 4 | 36,95 | 36,95 | 36,90 | 0,05 | 36,93 | 23 00 | | | | | |
| 13 | 3 | 38,55 | 38,55 | 38,55 | 0,00 | 38,55 | 24 00 | | | | | |
| 14 | 2 | 40,80 | 40,80 | 40,85 | 0,05 | 40,82 | 25 25 | | | | | |
| 15 | 6 | 43,10 | 43,10 | 43,10 | 0,00 | 43,10 | 26 50 | 3 | 26 08 | 42 | | |
| 16 | 3 | 44,80 | 44,75 | 44,85 | 0,10 | 44,80 | 27 54 | | | | 44 | 27 10 |
| 17 | 2 | 45,65 | 45,60 | 45,55 | 0,10 | 45,60 | 28 04 | | | | | |
| 18 | 10 | 47,90 | 47,90 | 47,90 | 0,00 | 47,90 | 29 50 | 10 | 29 05 | 45 | | |
| 19 | 6 | 50,65 | 50,70 | 50,65 | 0,05 | 50,67 | 31 33 | | | | 43 | 30 50 |
| 20 | 7 | 52,60 | 52,65 | 52.70 | 0,10 | 52,65 | 32 47 | | | | 42 | 32 05 |
| 21 | 5 | 53,90 | 53,90 | 53,90 | 0,00 | 53,90 | 33 34 | | | | | |
| 22 | 2 | 54,95 | 54,90 | 54,95 | 0,05 | 54,93 | 34 12 | | | | | |
| 23 | 3 | 56.15 | 56,15 | 56,15 | 0,00 | 56,15 | 34 58 | | | | | |
| 24 | 1 | 58,20 | 58,20 | 58,25 | 0,05 | 58,22 | 36 15 | | | | | |
| 25 | 9 | 59,80 | 59,80 | 59,80 | 0,00 | 59,80 | 37 14 | 6 | 36 32 | 42 | | |
| 26 | 2 | 61,85 | 61,70 | 61,60 | 0,15 | 61,72 | 38 26 | | | | | |
| 27 | 3 | 65,60 | 65,55 | 65,55 | 0,05 | 65,57 | 40 50 | | | | | |
| 28 | 7 | 67,80 | 67,85 | 67,80 | 0,05 | 67,82 | 42 14 | | | | 39 | 41 35 |
| 29 | 4 | 69,45 | 69,45 | 69,50 | 0,05 | 69,47 | 43 16 | | | | | |
| 30 | 6 | 70,80 | 70,80 | 70,85 | 0,05 | 70,82 | 44 06 | 4 | 43 25 | 41 | | |
| 31 | 5 | 71,90 | 71,90 | 72,00 | 0,10 | 71,93 | 44 47 | 2 | 44 09 | 38 | | |
| 32 | 7 | 74,65 | 74,75 | 74,60 | 0,15 | 74,67 | 46 29 | | | | 38 | 45 51 |
| 33 | 2 | 76,45 | 76,40 | 76,55 | 0,15 | 76,47 | 47 37 | | | | | |
| 34 | 1 | 79,90 | 79,90 | 79,95 | 0,05 | 79,92 | 49 46 | | | | | |
| 35 | 10 | 81,65 | 81,70 | 81,65 | 0,05 | 81,67 | 50 51 | 10 | 50 13 | 38 | | |
| 36 | 6 | 84,90 | 84,85 | 84,85 | 0,05 | 84,87 | 52 51 | | | | 37 | 52 14 |
| 37 | 2 | 87,75 | 87,80 | 87,65 | 0,15 | 87,73 | 54 38 | | | | | |
| 38 | 4 | 89,95 | 89,95 | 89,95 | 0,00 | 89,95 | 56 01 | | | | | |
| 39 | 10 | 93,00 | 93,00 | 93,00 | 0,00 | 93,00 | 57 55 | 10 | 57 19 | 36 | | |
| 40 | 2 | 97,95 | 98,00 | 98,05 | 0,10 | 98,00 | 61 01 | | | | | |
| 41 | 2 | 102,45 | 102,55 | 102.50 | 0,10 | 102,50 | 63 50 | 2 | 63 14 | 36 | | |
| 42 | 4 | 106,00 | 106,00 | 106,00 | 0,00 | 106,00 | 66 00 | | | | 36 | 65 24 |
| 43 | 4 | 108,10 | 108,10 | 108,10 | 0,00 | 108,10 | 67 19 | | | | | |

Таблица 29

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}=d_1$ | $\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}=d_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 21,40 | 21,25 | 21,40 | 0,15 | 21,35 | 13°17′ | | | 66′ | 12°11′ | 0,211 | 4,58 | (4,15) |
| 2 | 10 | 23,50 | 23,55 | 23,55 | 0,05 | 23,53 | 14 39 | 13°42′ | 57′ | 60 | 13 39 | 0,236 | 4,11 | (3,91) |
| 3 | 2 | 25,20 | 25,25 | 25,15 | 0,10 | 25,20 | 15 41 | | | 59 | 14 42 | 0,254 | 3,81 | (3,45) |
| 4 | 4 | 25,85 | 25,85 | 25,85 | 0,00 | 25,85 | 16 06 | | | 58 | 15 08 | 0,261 | 3,70 | (3,36) |
| 5 | 8 | 26,90 | 26,95 | 26,95 | 0,05 | 26,93 | 16 46 | 15 49 | 57 | 57 | 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 |
| 6 | 1 | 28,00 | 28,00 | 28,00 | 0,00 | 28,00 | 17 26 | | | 55 | 16 31 | 0,284 | 3,40 | (3,08) |
| 7 | 20 | 29,55 | 29,55 | 29,60 | 0,05 | 29,56 | 18 25 | 17 32 | 53 | 53 | 17 32 | 0,301 | 3,21 | (2,91) |
| 8 | 10 | 32,00 | 32,05 | 32,00 | 0,05 | 32,02 | 19 56 | 19 04 | 52 | 51 | 19 05 | 0,327 | 2,955 | (2,681) |
| 9 | 2 | 33,05 | 33,00 | 33,00 | 0,05 | 33,02 | 20 34 | | | 49 | 19 45 | 0,338 | 2,862 | 2,594 |
| 10 | 2 | 35,80 | 35,80 | 35,70 | 0,10 | 35,77 | 22 16 | | | 47 | 21 29 | 0,366 | 2,641 | 2,393 |
| 11 | 7 | 36,95 | 36,95 | 36,95 | 0,00 | 36,95 | 23 01 | | | 46 | 22 15 | 0,379 | 2,554 | (2,315) |
| 12 | 6 | 38,60 | 38,60 | 38,60 | 0,00 | 38,60 | 24 02 | | | 45 | 23 17 | 0,395 | 2,446 | (2,217) |
| 13 | 2 | 39,35 | 39,40 | 39,45 | 0,10 | 39,40 | 24 32 | | | 44 | 23 48 | 0,404 | 2,391 | (2,172) |
| 14 | 6 | 40,85 | 40,90 | 40,85 | 0,05 | 40,87 | 25 27 | | | 43 | 24 44 | 0,418 | 2,311 | (2,095) |
| 15 | 3 | 43,45 | 43,50 | 43,45 | 0,05 | 43,47 | 27 04 | | | 42 | 26 22 | 0,444 | 2,177 | 1,974 |
| 16 | 7 | 44,75 | 44,75 | 44,80 | 0,05 | 44,77 | 27 53 | 27 10 | 43 | 41 | 27 12 | 0,457 | 2,116 | (1,918) |
| 17 | 5 | 45,65 | 45,55 | 45,60 | 0,10 | 45,60 | 28 23 | | | 41 | 27 42 | 0,465 | (2,080) | 1,885 |
| 18 | 6 | 47,20 | 47,15 | 47,20 | 0,05 | 47,18 | 29 23 | | | 40 | 28 43 | 0,480 | 2,013 | 1,824 |
| 19 | 4 | 48,15 | 48,10 | 48,30 | 0,15 | 48,13 | 30 00 | | | 40 | 29 20 | 0,490 | 1,974 | (1,789) |
| 20 | 9 | 50,55 | 50,55 | 50,60 | 0,05 | 50,57 | 31 29 | 30 50 | 39 | 39 | 30 50 | 0,513 | 1,887 | 1,710 |
| 21 | 4 | 51,80 | 51,75 | 51,75 | 0,05 | 51,77 | 32 14 | | | 39 | 31 35 | 0,524 | 1,846 | (1,674) |
| 22 | 9 | 52,60 | 51,50 | 52,55 | 0,10 | 52,55 | 32 43 | 32 05 | 38 | 38 | 32 05 | 0,531 | 1,821 | (1,650) |
| 23 | 1 | 53,30 | 53,20 | 53,20 | 0,10 | 53,23 | 33 09 | | | 38 | 32 31 | 0,538 | 1,799 | (1,631) |
| 24 | 7 | 53,95 | 53,95 | 53,95 | 0,00 | 53,95 | 33 36 | | | 38 | 32 58 | 0,544 | 1,777 | (1,611) |
| 25 | 5 | 55,00 | 55,05 | 55,05 | 0,05 | 55,03 | 34 16 | | | 37 | 33 39 | 0,554 | 1,745 | (1,582) |
| 26 | 6 | 56,15 | 56,15 | 56,15 | 0,00 | 56,15 | 34 58 | | | 37 | 34 21 | 0,564 | 1,714 | (1,553) |
| 27 | 4 | 58,10 | 58,05 | 58,05 | 0,05 | 58,07 | 36 10 | | | 36 | 35 34 | 0,582 | 1,663 | 1,507 |
| 28 | 3 | 61,40 | 61,55 | 61,55 | 0,15 | 61,50 | 38 18 | | | 35 | 37 43 | 0,612 | 1,581 | (1,433) |
| 29 | 3 | 62,05 | 62,15 | 62,15 | 0,10 | 62,12 | 38 41 | | | 35 | 38 06 | 0,617 | (1,567) | 1,421 |
| 30 | 5 | 63,95 | 63,95 | 64,00 | 0,05 | 63,98 | 39 50 | | | 35 | 39 15 | 0,633 | 1,528 | (1,385) |
| 31 | 6 | 65,45 | 65,45 | 65,40 | 0,05 | 65,43 | 40 44 | | | 35 | 40 09 | 0,645 | 1,500 | (1,359) |
| 32 | 9 | 67,70 | 67,75 | 67,70 | 0,05 | 67,72 | 42 10 | 41 35 | 35 | 34 | 41 36 | 0,664 | 1,457 | (1,320) |
| 33 | 7 | 69,50 | 69,60 | 69,50 | 0,10 | 69,53 | 43 18 | | | 34 | 42 44 | 0,679 | 1,425 | (1,292) |
| 34 | 2 | 72,00 | 72,00 | 71,90 | 0,10 | 71,97 | 44 49 | | | 33 | 44 16 | 0,698 | 1,385 | (1,256) |
| 35 | 2 | 72,70 | 72,70 | 72,75 | 0,05 | 72,72 | 45 17 | | | 33 | 44 44 | 0,704 | 1,374 | 1,245 |
| 36 | 10 | 74,55 | 74,65 | 74,60 | 0,10 | 74,60 | 46 27 | 45 51 | 36 | 33 | 45 54 | 0,718 | 1,347 | (1,221) |
| 37 | 3 | 76,40 | 76,35 | 76,40 | 0,05 | 76 38 | 47 34 | | | 32 | 47 02 | 0,732 | 1,322 | (1,199) |
| 38 | 6 | 79,80 | 79,80 | 79,80 | 0,00 | 79,80 | 49 41 | | | 32 | 49 09 | 0,756 | 1,278 | (1,159) |
| 39 | 3 | 80,85 | 80,85 | 80,80 | 0,05 | 80,83 | 50 20 | | | 32 | 49 48 | 0,764 | 1,266 | (1,148) |
| 40 | 2 | 82,00 | 81,95 | 82,00 | 0,05 | 81,98 | 51 03 | | | 31 | 50 32 | 0,772 | 1,253 | (1,135) |

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 41 | 10 | 84,80 | 84,80 | 84,85 | 0,05 | 84,82 | 52°43′ | 52°14′ | 29′ | 31′ | 52°12′ | 0,790 | 1,224 | (1,109) |
| 42 | 2 | 85,95 | 85,90 | 85,95 | 0,05 | 85,93 | 53 31 | | | 31 | 53 00 | 0,799 | 1,211 | (1,098) |
| 43 | 3 | 87,85 | 87,80 | 87,85 | 0,05 | 87,83 | 54 41 | | | 31 | 54 10 | 0,811 | 1,193 | (1,081) |
| 44 | 4 | 90,05 | 90,05 | 90,05 | 0,00 | 90,05 | 56 04 | | | 31 | 55 33 | 0,825 | 1,173 | 1,063 |
| 45 | 4 | 91,05 | 91,00 | 91,00 | 0,05 | 91,02 | 56 44 | | | 30 | 56 14 | 0,831 | 1,163 | (1,054) |
| 46 | 2 | 93,90 | 93,85 | 94,05 | 0,20 | 93,93 | 58 29 | | | 30 | 57 59 | 0,848 | 1,141 | (1,034) |
| 47 | 2 | 94,90 | 94,75 | 94,85 | 0,15 | 94,83 | 59 05 | | | 30 | 58 35 | 0,853 | 1,133 | (1,027) |
| 48 | 4 | 97,95 | 98,05 | 97,90 | 0,10 | 97,95 | 61 17 | | | 30 | 60 47 | 0,873 | 1,108 | (1,004) |
| 49 | 2 | 101,00 | 101,00 | 100,90 | 0,10 | 100,97 | 62 52 | | | 30 | 62 32 | 0,887 | 1,089 | (0,988) |
| 50 | 2 | 103,55 | 103,55 | 103,75 | 0,20 | 103,65 | 64 32 | | | 30 | 64 02 | 0,899 | 1,076 | (0,975) |
| 51 | 6 | 105,80 | 105,90 | 105,90 | 0,10 | 105,87 | 65 55 | 65 24 | 31 | 29 | 65 16 | 0,908 | 1,065 | (0,965) |
| 52 | 3 | 108,00 | 108,05 | 107,90 | 0,15 | 107,99 | 67 16 | | | 29 | 66 47 | 0,919 | 1,052 | (0,954) |

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы альбита. Из десяти линий характерного комплекса дебаеграммы альбита одна линия 7 табл. 29 выделяется

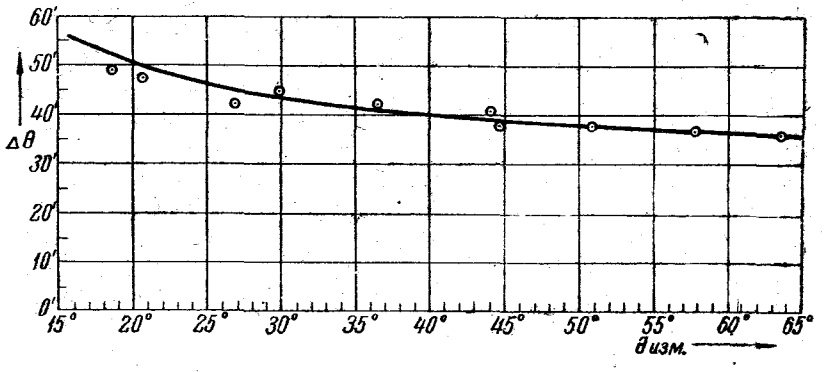



Рис. 20.

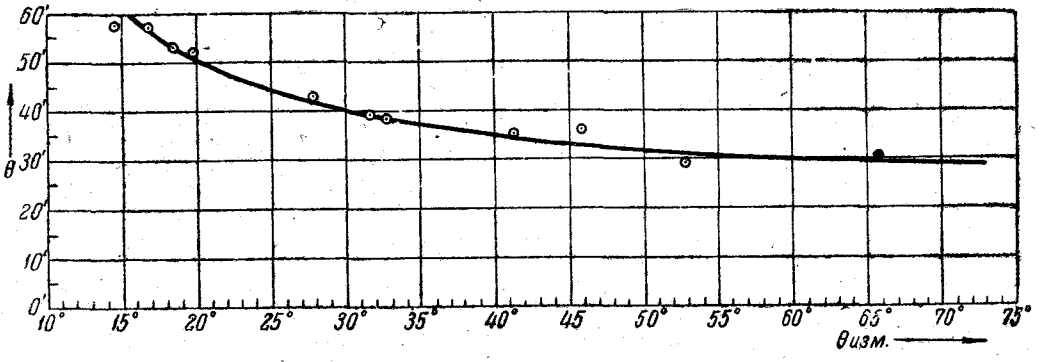



Рис. 21.

своей повышенной интенсивностью, остальные линии имеют приблизительно одинаковые относительные интенсивности. Отбор линий характерного комплекса производится с большими затруднениями вследствие того, что некоторые линии

характерного комплекса по относительной интенсивности мало отличаются от большого числа линий, не вошедших в комплекс. Линия 5 табл. 29, повидимому, вызвана излучением $K_\beta$ от той плоской сетки, которая при излучении $K_\alpha$ дает линию 7.

Таблица 30

**Относительные интенсивности $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $\frac{d}{n}$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы альбита**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda}{2\sin\theta}$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 13°39′ | 0,236 | 4,11 | 6 | 9 | 30°50′ | 0,513 | 1,887 |
| 2 | 8 | 15 49 | 0,273 | 3,22 | 7 | 9 | 32 05 | 0,531 | 1,821 |
| 3 | 20 | 17 32 | 0,301 | 3,21 | 8 | 9 | 41 36 | 0,664 | 1,457 |
| 4 | 9 | 19 05 | 0,327 | 2,955 | 9 | 10 | 45 54 | 0,718 | 1,347 |
| 5 | 7 | 27 12 | 0,457 | 2,116 | 10 | 10 | 52 12 | 0,790 | 1,224 |

**Лабрадор** $50\%$ $NaAlSi_3O_8 + 50\%$ $CaAl_2Si_2O_8$. Горный музей № 836/46

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония триклинная. Пространственная группа симметрии $C_i^2$ и структура та же самая, что и у альбита. Размеры элементарной ячейки по Schiebolb (26, 27) $a=8{,}23$ Å; $b=12{,}91$ Å; $c=7{,}16$ Å; $\alpha=93°31'$; $\beta=116°03'$; $\gamma=89°54\frac{1}{2}'$.

b. Условия получения снимков. Диаметр пленкодержателя камеры для снимков лабрадора и лабрадора с $17\%$ NaCl один и тот же $D=46{,}00$ *мм*. Экспозиция для дебаеграммы лабрадора составляла 44 *час*, для лабрадора с $17\%$ NaCl — 79 *час* при одинаковой силе тока в трубке 6—8 mA. Камера во время экспозиции располагалась так, что ось вращения ее была горизонтальна — параллельна срезу антикатода.

c. Характер полученных дебаеграмм. На дебаеграмме лабрадора получено 50 линий хорошей четкости. Интенсивность линий слабее, чем для силикатов моноклинной или ромбической сингонии. Повысить интенсивность можно было бы путем увеличения экспозиции. На дебаеграмме лабрадора с $17\%$ NaCl получено 49 линий, из них 13 принадлежат каменной соли. Процент содержания примеси каменной соли можно было бы уменьшить до $10—12\%$ без особого понижения интенсивности линий NaCl.

d. Таблица 31. Относительные интенсивности линий $I$ и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы лабрадора с 17% каменной соли.

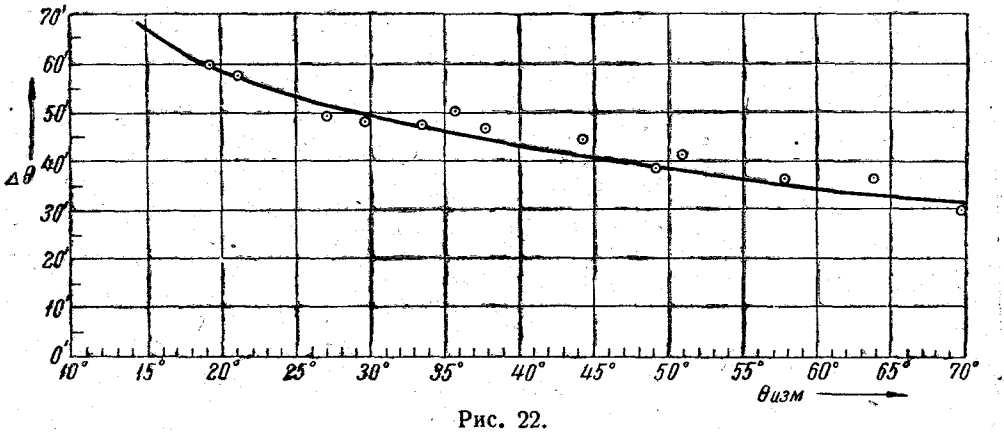



Рис. 22.

e. Диаграмма (рис. 22). Кривая поправок для дебаеграммы лабрадора с $17\%$ NaCl.

Таблица 31

| № | $I$ | Измерение $2l_3$ | $2l_2$ | $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 21,50 | 21,70 | 21,60 | 0,20 | 21,60 | 13°27′ | | | | | |
| 2 | 6 | 23,55 | 23,55 | 23,55 | 0,00 | 23,55 | 14 40 | | | | 68′ | 13°32′ |
| 3 | 1 | 24,50 | 24,50 | 24,50 | 0,00 | 24,50 | 15 16 | | | | | |
| 4 | 4 | 25,40 | 25,35 | 25,40 | 0,10 | 25,40 | 15 49 | | | | | |
| 5 | 2 | 26,10 | 26,10 | 26,05 | 0,05 | 26,08 | 16 14 | | | | | |
| 6 | 6 | 27,00 | 27,00 | 27,00 | 0,00 | 27,00 | 16 49 | | | | 64 | 15 45 |
| 7 | 3 | 28,20 | 28,20 | 28,25 | 0,05 | 28,22 | 17 34 | | | | | |
| 8 | 10 | 29,75 | 29,65 | 29,70 | 0,10 | 29,70 | 18 29 | | | | | |
| 9 | 5 | 30,75 | 30,75 | 30,70 | 0,05 | 30,73 | 19 08 | 4 | 18°09′ | 59′ | | |
| 10 | 2 | 31,45 | 31,55 | 31,45 | 0,10 | 31,48 | 19 36 | | | | | |
| 11 | 7 | 32,30 | 32,35 | 32,30 | 0,05 | 32,32 | 20 01 | | | | 58 | 19°03 |
| 12 | 10 | 33,75 | 33,75 | 33,75 | 0,00 | 33,75 | 21 03 | 9 | 20 06 | 57 | | |
| 13 | 3 | 35,75 | 35,80 | 35,80 | 0,05 | 35,78 | 22 17 | | | | | |
| 14 | 8 | 37,60 | 37,50 | 37,50 | 0,10 | 37,56 | 23 23 | | | | 55 | 22 28 |
| 15 | 2 | 37,95 | 37,95 | 38,00 | 0,05 | 37,97 | 23 38 | | | | | |
| 16 | 3 | 41,50 | 41,50 | 41,50 | 0,00 | 41,50 | 25 50 | | | | | |
| 17 | 8 | 43,30 | 43,30 | 43,25 | 0,05 | 43,28 | 26 57 | 3 | 26 08 | 49 | | |
| 18 | 3 | 44,75 | 44,70 | 44,70 | 0,05 | 44,72 | 27 51 | | | | | |
| 19 | 4 | 45,20 | 45,15 | 45,25 | 0,10 | 45,20 | 28 09 | | | | 51 | 27 18 |
| 20 | 10 | 48,00 | 48,00 | 48,00 | 0,00 | 48,00 | 29 53 | 10 | 29 05 | 48 | | |
| 21 | 2 | 49,90 | 49,95 | 49,95 | 0,05 | 49,93 | 31 05 | | | | | |
| 22 | 3 | 51,15 | 51,20 | 51,15 | 0,05 | 51,17 | 31 52 | | | | | |
| 23 | 8 | 52,65 | 52,55 | 52,65 | 0,10 | 52,62 | 32 46 | | | | 48 | 31 58 |
| 24 | 5 | 53,70 | 53,70 | 53,70 | 0,00 | 53,70 | 33 26 | 2 | 32 29 | 47 | | |
| 25 | 8 | 54,45 | 54,45 | 54,45 | 0,00 | 54,45 | 33 55 | | | | 47 | 33 08 |
| 26 | 2 | 55,50 | 55,45 | 55,45 | 0,05 | 55,47 | 34 32 | | | | | |
| 27 | 1 | 56,30 | 56,25 | 56,40 | 0,15 | 56,32 | 35 04 | | | | | |
| 28 | 3 | 57,15 | 57,10 | 57,10 | 0,05 | 57,12 | 35 34 | 1 | 34 44 | 50 | | |
| 29 | 9 | 59,95 | 59,90 | 59,95 | 0,05 | 59,93 | 37 19 | 6 | 36 32 | 47 | | |
| 30 | 3 | 60,70 | 60,80 | 60,85 | 0,15 | 60,78 | 37 51 | | | | | |
| 31 | 4 | 66,00 | 66,10 | 66,10 | 0,10 | 66,07 | 41 08 | | | | | |
| 32 | 6 | 68,10 | 68,15 | 68,15 | 0,05 | 68,13 | 42 25 | | | | | |
| 33 | 7 | 70,90 | 70,90 | 70,90 | 0,00 | 70,90 | 44 09 | 4 | 43 25 | 44 | | |
| 34 | 3 | 72,10 | 72,15 | 72,05 | 0,10 | 72,10 | 44 54 | | | | | |
| 35 | 6 | 74,85 | 74,90 | 74,85 | 0,05 | 74,87 | 46 37 | | | | 40 | 45 57 |
| 36 | 4 | 76,95 | 76,95 | 76,90 | 0,15 | 76,94 | 47 55 | | | | | |
| 37 | 2 | 78,90 | 78,90 | 78,90 | 0,00 | 78,90 | 49 08 | 1 | 48 30 | 38 | | |
| 38 | 2 | 81,15 | 81,15 | 81,25 | 0,10 | 81,18 | 50 33 | | | | | |
| 39 | 10 | 81,75 | 81,75 | 81,75 | 0,00 | 81,75 | 50 54 | 10 | 50 13 | 41 | | |
| 40 | 3 | 82,80 | 82,90 | 82,95 | 0,15 | 82,88 | 51 37 | | | | | |
| 41 | 6 | 85,40 | 85,40 | 85,55 | 0,15 | 85,45 | 53 13 | | | | 35 | 52 38 |
| 42 | 2 | 86,10 | 86,10 | 86,10 | 0,00 | 86,10 | 53 37 | | | | | |
| 43 | 2 | 90,65 | 90,80 | 90,70 | 0,15 | 90,72 | 56 29 | | | | | |
| 44 | 10 | 93,00 | 93,00 | 93,00 | 0,00 | 93,00 | 57 55 | 10 | 57 19 | 36 | | |
| 45 | 6 | 95,55 | 95,65 | 95,65 | 0,10 | 95,62 | 59 32 | | | | 35 | 58 57 |
| 46 | 4 | 98,80 | 98,75 | 98,90 | 0,15 | 98,82 | 61 32 | | | | | |
| 47 | 3 | 102,45 | 102,55 | 102,55 | 0,10 | 102,52 | 63 50 | 2 | 63 14 | 36 | | |
| 48 | 3 | 105,70 | 105,70 | 105,50 | 0,20 | 105,63 | 65 47 | | | | | |
| 49 | 7 | 111,70 | 111,80 | 111,90 | 0,20 | 111,80 | 69 57 | 4 | 69 08 | 29 | | |

Таблица 32

| № | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_К$ | $\Delta\theta_К$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 23,35 | 23,35 | 23,35 | 0,00 | 23,35 | 14°32′ | 13°32′ | 57′ | 60′ | 13°32′ | 0,234 | 4,13 | (3,75) |
| 2 | 1 | 24,30 | 24,30 | 24,30 | 0,00 | 24,30 | 15 10 | | | 59 | 14 11 | 0,245 | 3,95 | (3,58) |
| 3 | 5 | 25,10 | 25,05 | 25,05 | 0,05 | 25,07 | 15 39 | | | 58 | 14 41 | 0,253 | 3,82 | (3,46) |
| 4 | 2 | 25,80 | 25,90 | 25,85 | 0,10 | 25,85 | 16 08 | | | 57 | 15 11 | 0,262 | 3,69 | (3,35) |
| 5 | 7 | 26,80 | 26,85 | 26,65 | 0,20 | 26,77 | 16 43 | 15 45 | 58 | 56 | 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 |
| 6 | 3 | 27,95 | 27,95 | 27,95 | 0,00 | 27,95 | 17 27 | | | 55 | 16 32 | 0,285 | 3,40 | (3,08) |
| 7 | 20 | 29,45 | 29,45 | 29,35 | 0 10 | 29,41 | 18 21 | 17 29 | 52 | 54 | 17 27 | 0,300 | 3,22 | (2,92) |
| 8 | 2 | 31,20 | 31,20 | 31,20 | 0,00 | 31,20 | 19 28 | | | 52 | 18 36 | 0,319 | 3,03 | (2,75) |
| 9 | 8 | 32,05 | 32,10 | 32,00 | 0,10 | 32,05 | 20 00 | 19 03 | 57 | 51 | 19 09 | 0,328 | 2,948 | (2,672) |
| 10 | 3 | 33,00 | 33,00 | 33,05 | 0,05 | 33,02 | 20 37 | | | 50 | 19 47 | 0,338 | 2,857 | (2,590) |
| 11 | 4 | 33,55 | 33,50 | 33,35 | 0,20 | 33,47 | 21 54 | | | 48 | 21 02 | 0,360 | 2,686 | (2,435) |
| 12 | 10 | 37,15 | 37,20 | 37,20 | 0,05 | 37,18 | 23 12 | 22 28 | 44 | 46 | 22 26 | 0,382 | 2,534 | (2,297) |
| 13 | 1 | 37,80 | 37,80 | 37,65 | 0,15 | 37,75 | 23 34 | | | 46 | 22 48 | 0,388 | 2,495 | (2,262) |
| 14 | 1 | 38,45 | 38,50 | 38,45 | 0,05 | 38,47 | 24 01 | | | 45 | 23 16 | 0,395 | (2,448) | 2,219 |
| 15 | 3 | 41,10 | 41,10 | 41,05 | 0,05 | 41,08 | 25 38 | | | 43 | 24 55 | 0,421 | 2,295 | (2,081) |
| 16 | 1 | 42,60 | 42,55 | 42,60 | 0,05 | 42,58 | 26 34 | | | 41 | 25 53 | 0,437 | 2,215 | (2,009) |
| 17 | 7 | 44,30 | 44,30 | 44,45 | 0,15 | 44,35 | 27 41 | | | 40 | 27 01 | 0,454 | 2,129 | (1,930) |
| 18 | 9 | 44,90 | 44,85 | 44,85 | 0,05 | 44,87 | 28 00 | 27 18 | 42 | 40 | 27 20 | 0,459 | 2,106 | (1,909) |
| 19 | 4 | 47,05 | 47,00 | 46,95 | 0,10 | 47,00 | 29 20 | | | 38 | 28 42 | 0,480 | (2,014) | 1,825 |
| 20 | 2 | 47,80 | 47,85 | 47,80 | 0,05 | 47,82 | 29 51 | | | 38 | 29 13 | 0,488 | 1,981 | (1,796) |
| 21 | 4 | 49,55 | 49,65 | 49,50 | 0,15 | 49,57 | 30 56 | | | 37 | 30 19 | 0,505 | 1,916 | (1,736) |
| 22 | 2 | 50,75 | 50,80 | 50,75 | 0,05 | 50,77 | 31 41 | | | 36 | 31 05 | 0,516 | 1,873 | (1,698) |
| 23 | 10 | 52,15 | 52,30 | 52,25 | 0,15 | 52,23 | 32 36 | 31 58 | 38 | 35 | 32 01 | 0,530 | 1,824 | (1,653) |
| 24 | 4 | 53,35 | 53,25 | 53,40 | 0,15 | 53,33 | 33 17 | | | 34 | 32 43 | 0,540 | 1,789 | (1,622) |
| 25 | 10 | 54,10 | 54,10 | 54,10 | 0,00 | 54,10 | 33 46 | 33 08 | 38 | 34 | 33 12 | 0,548 | 1,766 | (1,601) |
| 26 | 3 | 55,10 | 55,05 | 55,05 | 0,05 | 55,07 | 34 22 | | | 33 | 33 49 | 0,557 | 1,738 | (1,575) |
| 27 | 7 | 56,00 | 56,00 | 56,00 | 0,00 | 56,00 | 34 57 | | | 33 | 34 24 | 0,565 | 1,712 | (1,552) |
| 28 | 4 | 60,40 | 60,40 | 60,40 | 0,00 | 60,40 | 37 41 | | | 31 | 37 20 | 0,606 | (1,595) | 1,445 |
| 29 | 3 | 62,00 | 62,05 | 62,05 | 0,05 | 62,03 | 38 43 | | | 30 | 38 13 | 0,619 | 1,563 | (1,417) |
| 30 | 1 | 63,50 | 63,45 | 63,35 | 0,15 | 63,43 | 39 35 | | | 29 | 39 06 | 0,631 | 1,533 | (1,390) |
| 31 | 6 | 65,90 | 65,80 | 65,80 | 0,10 | 65,83 | 41 05 | | | 28 | 40 37 | 0,651 | 1,485 | 1,346 |
| 32 | 10 | 67,80 | 67,60 | 67,65 | 0,20 | 67,68 | 42 14 | 41 43 | 31 | 27 | 41 47 | 0,666 | 1,451 | (1,316) |
| 33 | 3 | 69,50 | 69,50 | 69,45 | 0,05 | 69,48 | 43 22 | | | 27 | 42 55 | 0,681 | 1,420 | (1,287) |
| 34 | 6 | 72,15 | 72,20 | 72,25 | 0,10 | 72,20 | 45 04 | | | 26 | 44 38 | 0,703 | 1,376 | (1,248) |
| 35 | 10 | 74,30 | 74,25 | 74,20 | 0,10 | 74,25 | 46 20 | 45 57 | 23 | 25 | 45 55 | 0,718 | 1,346 | (1,220) |
| 36 | 7 | 76,50 | 76,40 | 76,35 | 0,15 | 76,43 | 47 42 | | | 25 | 47 17 | 0,735 | 1,316 | (1,193) |
| 37 | 3 | 78,95 | 78,95 | 78,90 | 0,05 | 78,93 | 49 17 | | | 24 | 48 53 | 0,753 | 1,284 | (1,163) |
| 38 | 6 | 80,70 | 80,80 | 80,70 | 0,10 | 80,73 | 50 29 | | | 23 | 50 06 | 0,767 | 1,261 | (1,143) |
| 39 | 4 | 82,30 | 82,30 | 82,20 | 0,10 | 82,27 | 51 23 | | | 23 | 51 00 | 0,777 | 1,244 | (1,128) |
| 40 | 9 | 84,90 | 84,95 | 84,80 | 0,15 | 84,88 | 52 59 | 52 38 | 21 | 22 | 52 37 | 0,795 | 1,217 | (1,103) |
| 41 | 4 | 85,90 | 85,95 | 85,85 | 0,10 | 85,90 | 53 37 | | | 22 | 53 15 | 0,801 | 1,207 | (1,094) |
| 42 | 5 | 90,50 | 90,30 | 90,50 | 0,20 | 90,43 | 56 26 | | | 21 | 56 05 | 0,830 | 1,165 | (1,056) |
| 43 | 5 | 91,90 | 91,80 | 92,00 | 0,20 | 91,90 | 57 22 | | | 21 | 57 01 | 0,839 | 1,153 | (1,045) |
| 44 | 7 | 95,10 | 95,05 | 95,05 | 0,05 | 95,07 | 59 20 | 58 57 | 23 | 20 | 59 00 | 0,857 | 1,128 | (1,023) |
| 45 | 2 | 98,40 | 98,30 | 98,25 | 0,15 | 98,32 | 61 22 | | | 20 | 61 02 | 0,875 | 1,105 | (1,002) |
| 46 | 3 | 104,80 | 104,80 | 104,70 | 0,10 | 104,77 | 65 23 | | | 19 | 65 04 | 0,907 | 1,066 | (0,967) |
| 47 | 3 | 105,80 | 105,70 | 105,70 | 0,10 | 105,73 | 65 59 | | | 19 | 65 40 | 0,911 | 1,061 | (0,962) |
| 48 | 4 | 111,25 | 111,25 | 111,25 | 0,00 | 111,25 | 69 26 | | | 18 | 69 08 | 0,934 | 1,035 | (0,938) |
| 49 | 2 | 116,35 | 116,25 | 116,15 | 0,20 | 116,25 | 72 33 | | | 18 | 72 15 | 0,952 | 1,015 | (0,920) |
| 50 | 3 | 118,25 | 118,35 | 118,15 | 0,20 | 118,25 | 73 48 | | | 17 | 73 31 | 0,959 | 1,008 | (0,914) |

f. Таблица 32. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ для дебаеграммы лабрадора.

g. Диаграмма (рис. 23). Кривая поправок для дебаеграммы лабрадора. Линии 1 и 44 таблицы 32 использованы для построения кривой поправок дебаеграммы лабрадора наряду с линиями характерного комплекса для того, чтобы получить данные для кривой в области малых и больших углов. На диаграмме точки, соответствующие этим линиям, обозначены черными кружочками.

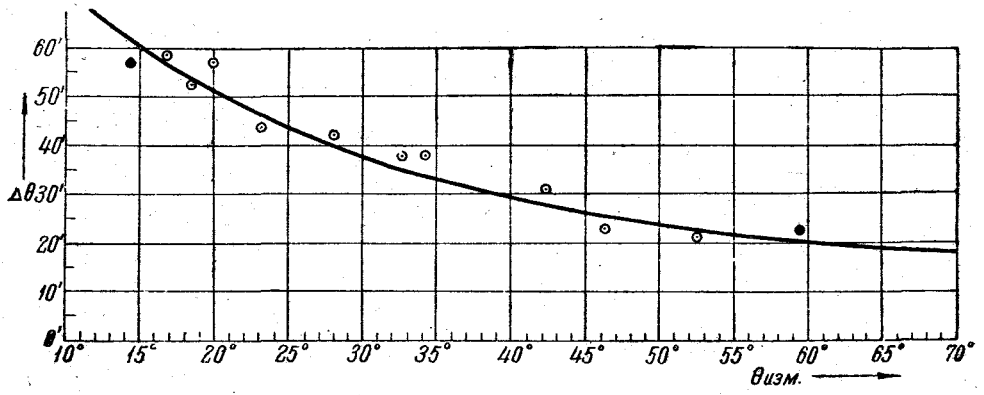



Рис. 23.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы лабрадора. Так же, как и для альбита, на дебаеграмме лабрадора имеется только одна очень интенсивная линия. Остальные линии имеют значительно более слабую относительную интенсивность.

Таблица 33

**Относительные интенсивности $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы лабрадора**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 15°49′ | 0,273 | (3,55) | 3,22 | 6 | 10 | 32°01′ | 0,530 | 1,824 | |
| 2 | 20 | 17 27 | 0,300 | 3,22 | | 7 | 10 | 33 12 | 0,548 | 1,766 | |
| 3 | 10 | 19 09 | 0,328 | 2,948 | | 8 | 10 | 41 47 | 0,666 | 1,451 | |
| 4 | 10 | 22 26 | 0,382 | 2,534 | | 9 | 10 | 45 55 | 0,718 | 1,346 | |
| 5 | 9 | 27 20 | 0,459 | 2,106 | | 10 | 9 | 52 37 | 0,795 | 1,217 | |

**Анортит** $CaAl_2Si_2O_8$. Горный музей № 838/4

a. Структура минерала по литературным данным. Сингония триклинная. Пространственная группа симметрии $C_i^1$ и размещение атомов в структуре аналогичны структуре альбита. Размеры элементарной ячейки по Schiebold (26, 27) следующие: $a = 8{,}185$ Å; $b = 12{,}895$ Å; $c = 7{,}09$ Å; $\alpha = 93°13'$; $\beta = 115°55\frac{1}{2}'$; $\lambda = 91°12'$.

b. Условия получения снимков. Съемка дебаеграмм анортита с $12^0/_0$ каменной соли производилась в одной и той же камере с диаметром пленкодержателя $D = 46{,}00$ *мм*.

Экспозиции для дебаеграммы была дана 75 *час* при силе тока в трубке 7 mA; для дебаеграммы анортита с $12^0/_0$ NaCl — 86 *час* при той же силе тока. Положение оси камеры при съемке для обеих дебаеграмм — горизонтальное.

c. Характер полученных дебаеграмм. Дебаеграма анортита имеет более слабые по относительной интенсивности линии, чем дебаеграммы альбита и лабрадора; это объясняется, вероятно, условиями съемки и характером проявления и не зависит от самого вещества. На дебаеграмме анортита получено 36 очень тонких, но слабых линий. На дебаеграмме анортита с NaCl получено 47 линий. Из

Таблица 34

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | NaCl $I$ | NaCl $\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta_{NaCl}$ | $\Delta\theta'_K$ | $\theta_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 23,40 | 23,45 | 23,50 | 0,10 | 23,45 | 14°36′ | | | | | |
| 2 | 4 | 24,95 | 24,95 | 24,95 | 0,00 | 24,95 | 15 32 | | | | | |
| 3 | 4 | 25,95 | 25,95 | 25,95 | 0,00 | 25,95 | 16 10 | | | | | |
| 4 | 3 | 26,65 | 26,65 | 26,70 | 0,05 | 26,67 | 16 40 | | | | | |
| 5 | 2 | 27,30 | 27,25 | 27,40 | 0,15 | 27,32 | 17 01 | | | | | |
| 6 | 3 | 28,00 | 27,95 | 28,05 | 0,10 | 28,00 | 17 26 | | | | | |
| 7 | 3 | 28,85 | 28,85 | 28,80 | 0,05 | 28,83 | 17 57 | 2 | 17°19′ | 38′ | | |
| 8 | 10 | 29,45 | 29,45 | 29,45 | 0,00 | 29,45 | 18 20 | | | | 43′ | 17°37′ |
| 9 | 6 | 30,25 | 30,25 | 30,25 | 0,00 | 30,25 | 18 50 | 4 | 18 09 | 41 | | |
| 10 | 1 | 30,85 | 30,95 | 30,95 | 0,10 | 30,92 | 19 15 | | | | | |
| 11 | 6 | 31,90 | 31,90 | 31,90 | 0,00 | 31,90 | 19 52 | | | | 41 | 19 11 |
| 12 | 10 | 32,25 | 32,25 | 32,20 | 0,05 | 32,23 | 20 47 | 9 | 20 06 | 41 | совп. с NaCl | |
| 13 | 4 | 35,30 | 35,30 | 35,30 | 0,00 | 35,30 | 21 59 | | | | | |
| 14 | 8 | 37,40 | 37,40 | 37,40 | 0,00 | 37,40 | 23 17 | | | | 37 | 22 40 |
| 15 | 2 | 39,60 | 39,70 | 39,80 | 0,20 | 39,70 | 24 43 | | | | | |
| 16 | 1 | 40,55 | 40,50 | 40,50 | 0,05 | 40,52 | 25 14 | | | | | |
| 17 | 5 | 42,85 | 42,90 | 42,90 | 0,05 | 42,88 | 26 42 | 3 | 26 08 | 34 | | |
| 18 | 6 | 44,10 | 44,05 | 44,15 | 0,10 | 44,10 | 27 28 | | | | 33 | 26 55 |
| 19 | 3 | 45,00 | 45,15 | 45,00 | 0,15 | 45,05 | 28 03 | | | | | |
| 20 | 2 | 46,55 | 46,70 | 46,75 | 0,20 | 46,67 | 29 04 | | | | | |
| 21 | 10 | 47,60 | 47,60 | 47,60 | 0,00 | 47,60 | 29 38 | 10 | 29 05 | 33 | | |
| 22 | 3 | 49,05 | 49,00 | 49,05 | 0,05 | 49,03 | 30 32 | | | | | |
| 23 | 3 | 50,55 | 50,55 | 50,60 | 0,05 | 50,57 | 31 29 | | | | | |
| 24 | 6 | 51,80 | 51,85 | 51,85 | 0,05 | 51,83 | 32 16 | | | | 30 | 31 46 |
| 25 | 5 | 53,05 | 53,05 | 53,15 | 0,10 | 53,08 | 33 03 | | | | 29 | 32 34 |
| 26 | 6 | 54,15 | 54,15 | 54,15 | 0,00 | 54,15 | 33 43 | | | | 29 | 33 14 |
| 27 | 2 | 55,90 | 55,80 | 55,75 | 0,15 | 55,83 | 34 46 | | | | | |
| 28 | 9 | 59,45 | 59,40 | 59,40 | 0,05 | 59,42 | 37 00 | 6 | 36 32 | 28 | | |
| 29 | 1 | 63,30 | 63,25 | 63,35 | 0,10 | 63,30 | 39 25 | | | | | |
| 30 | 5 | 66,25 | 66,25 | 66,25 | 0,00 | 66,25 | 41 15 | | | | 25 | 40 50 |
| 31 | 4 | 61,70 | 61,70 | 61,85 | 0,15 | 61,75 | 42 11 | | | | | |
| 32 | 6 | 70,30 | 70,30 | 70,40 | 0,10 | 70,33 | 43 47 | 4 | 43 25 | 22 | | |
| 33 | 7 | 71,60 | 71,65 | 71,65 | 0,05 | 71,63 | 44 36 | 2 | 44 09 | 25 | | |
| 34 | 3 | 73,25 | 73,30 | 73,45 | 0,20 | 73,33 | 45 40 | | | | 22 | 45 18 |
| 35 | 2 | 74,85 | 74,95 | 74,90 | 0,10 | 74,90 | 46 38 | | | | | |
| 36 | 3 | 76,10 | 76,10 | 76,10 | 0,00 | 76,10 | 47 23 | | | | | |
| 37 | 3 | 78,00 | 78,05 | 78,05 | 0,05 | 78,03 | 48 35 | | | | | |
| 38 | 10 | 81,15 | 81,15 | 81,20 | 0,05 | 81,17 | 50 32 | 10 | 50 13 | 19 | | |
| 39 | 1 | 83,55 | 83,50 | 83,50 | 0,05 | 83,52 | 52 01 | | | | | |
| 40 | 3 | 85,60 | 85,65 | 85,55 | 0,10 | 85,60 | 53 18 | | | | | |
| 41 | 3 | 90,45 | 90,45 | 90,45 | 0,00 | 90,45 | 56 19 | | | | 19 | 56 00 |
| 42 | 9 | 92,60 | 92,55 | 92,55 | 0,05 | 92,57 | 57 38 | 10 | 57 19 | 19 | | |
| 43 | 2 | 95,30 | 95,30 | 95,25 | 0,05 | 95,28 | 59 20 | | | | | |
| 44 | 2 | 100,90 | 100,85 | 101,00 | 0,15 | 100,92 | 62 50 | | | | | |
| 45 | 3 | 105,20 | 105,05 | 105,15 | 0,15 | 105,13 | 65 28 | | | | | |
| 46 | 8 | 109,50 | 109,55 | 109,60 | 0,10 | 109,55 | 68 13 | | | | | |
| 47 | 7 | 112,20 | 112,20 | 112,20 | 0,00 | 112,20 | 69 55 | | | | | |

Таблица 35

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\theta_K$ | $\Delta\theta_K$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{\lambda_\alpha}{d_1/n} = 2\cdot\sin\theta$ | $\frac{\lambda_\beta}{d_2/n} = 2\cdot\sin\theta$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 23,40 | 23,45 | 23,50 | 0,10 | 23,45 | 14°36′ | | | 54′ | 13°42′ | 0,237 | 4,08 | (3,70) |
| 2 | 4 | 25,10 | 25,00 | 25,05 | 0,10 | 25,05 | 15 36 | | | 52 | 14 44 | 0,254 | 3,80 | (3,45) |
| 3 | 3 | 26,15 | 26,10 | 26,15 | 0,05 | 26,13 | 16 16 | | | 51 | 15 27 | 0,266 | 3,63 | (3,29) |
| 4 | 3 | 26,90 | 26,80 | 26,85 | 0,10 | 26,85 | 16 43 | | | 50 | 15 53 | 0,274 | (3,53) | 3,20 |
| 5 | 2 | 28,10 | 28,15 | 28,05 | 0,10 | 28,10 | 17 30 | | | 50 | 16 40 | 0,287 | 3,37 | (3,06) |
| 6 | 2 | 29,05 | 29,00 | 29,10 | 0,10 | 29,05 | 18 05 | | | 49 | 17 16 | 0,297 | (3,26) | 2,95 |
| 7 | 20 | 29,55 | 29,50 | 29,55 | 0,05 | 29,53 | 18 23 | 17°37′ | 46′ | 48 | 17 35 | 0,302 | 3,20 | (2,90) |
| 8 | 2 | 30,05 | 29,95 | 30,00 | 0,10 | 30,00 | 18 41 | | | 48 | 17 53 | 0,307 | 3,15 | (2,85) |
| 9 | 7 | 32,00 | 32,00 | 32,05 | 0,05 | 32,02 | 19 56 | 19 11 | 45 | 47 | 19 09 | 0,328 | 2,948 | (2,672) |
| 10 | 6 | 33 30 | 33,30 | 33,30 | 0,00 | 33,30 | 24 44 | совп. с NaCl | | 46 | 19 58 | 0,341 | 2,832 | (2,567) |
| 11 | 3 | 35,60 | 35,60 | 35,55 | 0,05 | 35,58 | 22 09 | | | 44 | 21 25 | 0,365 | 2,648 | (2,400) |
| 12 | 10 | 37,55 | 37,50 | 37,60 | 0,10 | 37,55 | 23 23 | 22 40 | 43 | 43 | 22 40 | 0,385 | 2,509 | (2,274) |
| 13 | 10 | 44,30 | 44,30 | 44,40 | 0,10 | 44,33 | 27 31 | 26 55 | 41 | 40 | 26 56 | 0,453 | 2,135 | (1,935) |
| 14 | 5 | 45,20 | 45,20 | 45,15 | 0,05 | 45,18 | 28 08 | | | 40 | 27 28 | 0,461 | 2,097 | (1,900) |
| 15 | 5 | 46,95 | 46,95 | 46,95 | 0,00 | 46,95 | 29 14 | | | 39 | 28 35 | 0,478 | 2,021 | (1,832) |
| 16 | 5 | 49,40 | 49,40 | 49,45 | 0,05 | 49,42 | 30 46 | | | 38 | 30 08 | 0,502 | 1,926 | (1,746) |
| 17 | 3 | 50,80 | 50,85 | 50,85 | 0,05 | 50,83 | 31 39 | | | 38 | 31 01 | 0,515 | 1,877 | (1,701) |
| 18 | 8 | 52,05 | 52,00 | 52,05 | 0,05 | 52,03 | 32 24 | 31 46 | 38 | 37 | 31 47 | 0,527 | 1,836 | (1,664) |
| 19 | 6 | 53 30 | 53,20 | 53,30 | 0,10 | 53,27 | 33 10 | 32 34 | 36 | 37 | 32 33 | 0,538 | 1,797 | (1,629) |
| 20 | 7 | 54,40 | 54,45 | 54,40 | 0,05 | 54,42 | 33 53 | 33 14 | 39 | 36 | 33 17 | 0,549 | 1,762 | (1,597) |
| 21 | 2 | 56,10 | 56,15 | 56,15 | 0,05 | 56,13 | 34 57 | | | 36 | 34 21 | 0,564 | 1,714 | (1,553) |
| 22 | 4 | 59,60 | 59,55 | 59,55 | 0,05 | 59,57 | 37 05 | | | 35 | 36 30 | 0,595 | 1,625 | 1,474 |
| 23 | 2 | 63,65 | 63,70 | 63,80 | 0,15 | 63,73 | 39 41 | | | 33 | 39 08 | 0,631 | (1,532) | 1,389 |
| 24 | 7 | 60,40 | 60,30 | 60,40 | 0,10 | 60,37 | 41 20 | 40 50 | 30 | 33 | 40 47 | 0,653 | 1,480 | (1,342) |
| 25 | 5 | 68,00 | 67,95 | 68,00 | 0,05 | 67,98 | 42 20 | | | 32 | 41 48 | 0,667 | 1,451 | (1,315) |
| 26 | 2 | 70,40 | 70,40 | 70,30 | 0,10 | 70,37 | 43 49 | | | 32 | 43 17 | 0,686 | 1,410 | (1,278) |
| 27 | 6 | 71,90 | 71,90 | 71,95 | 0,05 | 71,92 | 44 47 | | | 31 | 44 16 | 0,698 | 1,385 | (1,256) |
| 28 | 5 | 73,60 | 73,60 | 73,60 | 0,00 | 73,60 | 45 50 | 45 18 | 32 | 31 | 45 19 | 0,711 | 1,360 | (1,233) |
| 29 | 3 | 74,90 | 74,80 | 74,80 | 0,10 | 74,83 | 46 36 | | | 31 | 46 05 | 0,720 | 1,342 | 1,217 |
| 30 | 3 | 76,60 | 76,70 | 76,65 | 0,10 | 76,65 | 47 44 | | | 30 | 47 14 | 0,734 | 1,317 | (1,194) |
| 31 | 3 | 80,05 | 80,05 | 80,15 | 0,10 | 80,08 | 49 52 | | | 30 | 49 22 | 0,759 | 1,274 | 1,155 |
| 32 | 3 | 85,90 | 85,90 | 85,80 | 0,10 | 85,87 | 53 28 | | | 29 | 52 59 | 0,798 | 1,211 | (1,098) |
| 33 | 6 | 90,60 | 90,60 | 90,80 | 0,20 | 90,67 | 56 28 | 56 00 | 28 | 28 | 56 00 | 0,829 | 1,166 | (1,057) |
| 34 | 3 | 95,65 | 95,75 | 95,70 | 0,10 | 95,70 | 59 35 | | | 27 | 59 08 | 0,858 | 1,127 | (1,021) |
| 35 | 4 | 103,00 | 103,00 | 103,00 | 0,00 | 103,00 | 64 08 | | | 26 | 63 42 | 0,896 | 1,079 | (0,978) |
| 36 | 6 | 105,70 | 105,80 | 105,70 | 0,10 | 105,73 | 65 50 | | | 26 | 65 24 | 0,909 | 1,064 | (0,964) |

них 10 относятся к каменной соли. Несмотря на малый процент примеси NaCl линии каменной соли получились значительно более интенсивными, чем линии анортита. Как и для альбита и лабрадора, на дебаеграмме анортита имеется одна линия, выделяющаяся своей большой интенсивностью.

d. Таблица 34. Относительные интенсивности линий $I$ и углы отблеска $\theta$ для дебаеграммы анортита с 12% NaCl.

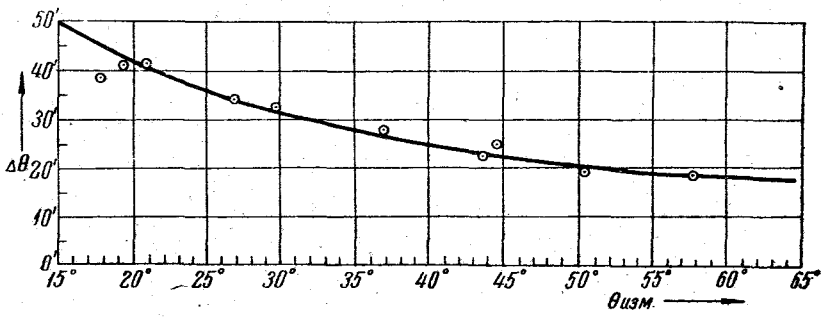



Рис. 24.

e. Диаграмма (рис 24). Кривая поправок для дебаеграммы анортита с 12% NaCl.

f. Таблица 35. Относительные интенсивности линий $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для дебаеграммы анортита.

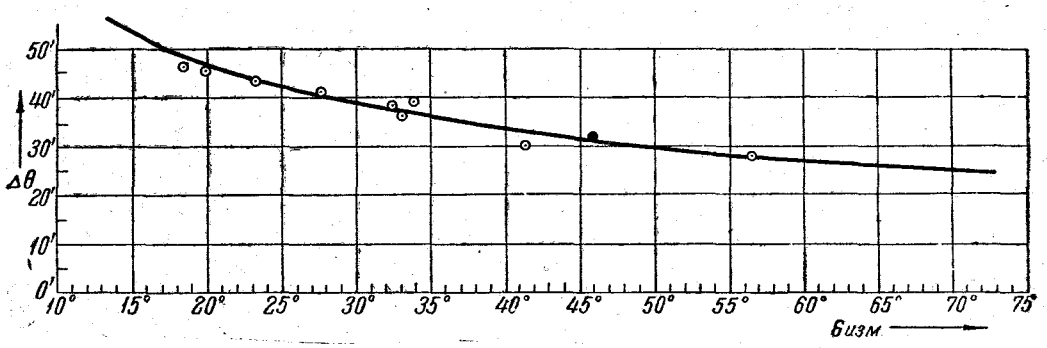



Рис. 25.

g. Диаграмма (рис. 25). Кривая поправок для дебаеграммы анортита.

h. Характерный комплекс линий дебаеграммы анортита.

Таблица 36

**Относительные интенсивности $I$, углы отблеска $\theta$ и расстояния $d/n$ — между плоскими сетками для линий характерного комплекса дебаеграммы анортита**

| №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | №№ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 17°35′ | 0,302 | 3,20 | 6 | 8 | 31,47 | 0,527 | 1,836 |
| 2 | 7 | 19,09 | 0,328 | 2,948 | 7 | 6 | 32,33 | 0,538 | 1,797 |
| 3 | 6 | 19,58 | 0,341 | 2,832 | 8 | 7 | 33,17 | 0,549 | 1,762 |
| 4 | 10 | 22,40 | 0,385 | 2,509 | 9 | 7 | 40,47 | 0,653 | 1,480 |
| 5 | 10 | 26,56 | 0,453 | 2,135 | 10 | 5 | 56,00 | 0,829 | 1,136 |

## V. СРАВНЕНИЕ ЭТАЛОННЫХ ДЕБАЕГРАММ ИССЛЕДОВАННЫХ НАМИ МИНЕРАЛОВ

Из одиннадцати подвергнутых исследованию в настоящей работе минералов часть дала дебаеграммы своеобразные и вполне отличные от дебаеграмм других минералов; некоторые минералы, сходные по химической конституции, дали сходные дебаеграммы. Сходные дебаеграммы дали следующие минералы: 1) благородная шпинель и магнетит, 2) диопсид и авгит и 3) альбит, лабрадор и анортит. Для удобства сравнения на диаграмме 25 (рис. 27) приведены схематические рисунки положений линий характерных комплексов дебаеграмм всех одиннадцати минералов. На диаграмме 25 для каждого рисунка, представляющего собой половину дебаеграммы в удвоенном масштабе, по оси абсцисс отложены величины расстояний между симметричными линиями в миллиметрах, которые были вычислены из найденных для каждого минерала исправленных углов отблеска $\theta$; по оси ординат отложены относительные интенсивности линий. Для линий характерных комплексов дебаеграмм плагиоклазов показаны интенсивности вдвое меньше тех, которые были даны в таблицах при описании каждого минерала. Это уменьшение интенсивностей сделано для того, чтобы относительные интенсивности линий дебаеграмм плагиоклазов приблизительно соответствовали таковым для других минералов.

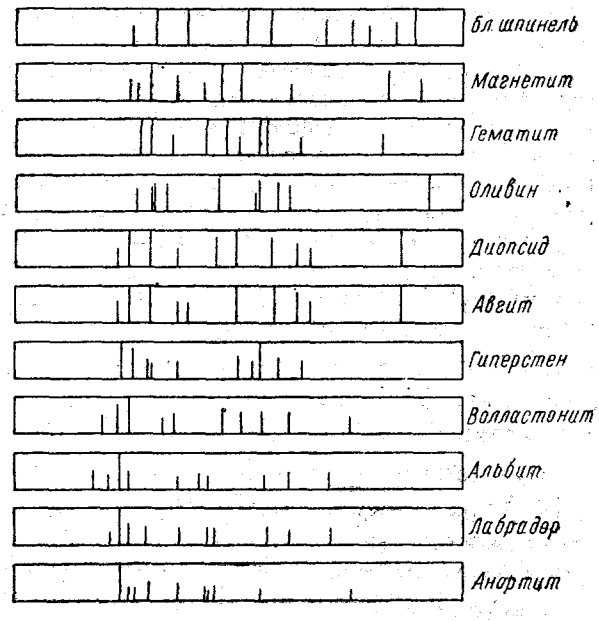



Рис. 26. Расположение и относительные интенсивности линий характерных комплексов эталонных дебаеграмм.

Линии на дебаеграммах благородной шпинели и магнетита занимают аналогичные положения. Почти для каждой линии благородной шпинели на дебаеграмме магнетита имеется соответственная линия. Вследствие того, что размер элементарной ячейки магнетита в 1,04 раза больше размеров элементарной ячейки благородной шпинели, все линии магнетита сдвинуты к средине дебаеграммы относительно соответственных линий благородной шпинели. Это передвижение ясно видно на диаграмме 25. Помимо различия в расположении линий для дебаеграмм этих двух минералов существует отличие в характерных комплексах. Именно, на дебаеграмме благородной шпинели интенсивными в противоположность магнетиту являются отражения от плоских сеток 444 и 551, 711. Линии 400 и 533 на дебаеграмме благородной шпинели имеют относительную интенсивность бо́льшую, чем соответственные линии магнетита. Наличие в характерном комплексе магнетита линий 311 и 422, которые не вошли в комплекс благородной шпинели, не является отличительным признаком для дебаеграмм этих двух минералов, так как эти линии не имеют значительной разницы в относительных интенсивностях с соответственными линиями благородной шпинели.

Таким образом, благородную шпинель можно легко отличить от магнетита по дебаеграммам.

Гематит и оливин дают дебаеграммы и комплексы характерных линий, легко отличные как между собой, так и от любого другого из исследованных нами минералов.

Между дебаеграммами диопсида и авгита существует очень большое сходство. В расположении линий здесь не наблюдается существенного различия. Относительные же интенсивности несколько изменяются. На диаграмме 25, где приведены

Таблица 37

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 11°59′ | 0,208 | 4,66 Å | (4,22) Å | Благородная шпинель | 3 |
| 12 11 | 0,211 | 4,58 | (4,15) | Альбит | ½ |
| 12 44 | 0,220 | (4,39) | 3,98 | Оливин | 1 |
| 13 17 | 0,230 | 4,21 | (3,81) | Магнетит | 1 |
| 13 32 | 0,234 | 4,13 | (3,75) | Лабрадор | 3 |
| 13 39 | 0,236 | 4,11 | (3,71) | **Альбит** | 5 |
| 13 42 | 0,237 | 4,08 | (3,70) | Анортит | 2½ |
| 13 50 | 0,238 | (4,04) | 3,67 | Гематит | 2 |
| 14 10 | 0,245 | 3,95 | (3,58) | Оливин | 4 |
| 14 11 | 0,245 | 3,95 | (3,58) | Лабрадор | ½ |
| 14 28 | 0,250 | 3,88 | 3,51 | **Волластонит** | 5 |
| 14 41 | 0,253 | 3,82 | (3,46) | Лабрадор | 2½ |
| 14 42 | 0,254 | 3,81 | (3,45) | Альбит | 1 |
| 14 44 | 0,254 | 3,80 | (3,45) | Анортит | 2 |
| 14 48 | 0,255 | 3,79 | (3,43) | Оливин | 2 |
| 15 08 | 0,261 | 3,70 | (3,36) | Альбит | 2 |
| 15 11 | 0,262 | 3,69 | (3,35) | Лабрадор | 1 |
| 15 13 | 0,262 | 3,68 | (3,34) | Гематит | 4 |
| 15 27 | 0,266 | 3,63 | (3,29) | Анортит | 1½ |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Альбит** | 4 |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Лабрадор** | 3½ |
| 15 51 | 0,273 | (3,54) | 3,21 | Гиперстен | 3 |
| 15 53 | 0,274 | 3,53 | (3,20) | Оливин | 3 |
| 15 53 | 0,274 | (3,53) | 3,20 | Анортит | 1½ |
| 15 58 | 0,275 | 3,51 | (3,19) | Волластонит | 4 |
| 16 31 | 0,284 | 3,40 | (3,08) | Альбит | ½ |
| 16 32 | 0,285 | 3,40 | (3,08) | Лабрадор | 1½ |
| 16 40 | 0,287 | 3,37 | (3,06) | Анортит | 1 |
| 16 44 | 0,288 | 3,36 | (3,04) | Гиперстен | 3 |
| 16 52 | 0,290 | (3,33) | 3,02 | Диопсид | 2 |
| 16 58 | 0,292 | (3,31) | 3,00 | Магнетит | 3 |
| 17 01 | 0,293 | 3,30 | 2,99 | **Волластонит** | 8 |
| 17 15 | 0,297 | 3,26 | 2,96 | **Диопсид** | 5 |
| 17 16 | 0,297 | (3,26) | 2,95 | Анортит | 1 |
| 17 19 | 0,298 | 3,25 | (2,94) | **Авгит** | 5 |
| 17 27 | 0,300 | 3,22 | (2,92) | **Лабрадор** | 10 |
| 17 32 | 0,301 | 3,21 | (2,91) | **Альбит** | 10 |
| 17 35 | 0,302 | 3,20 | (2,90) | **Анортит** | 10 |
| 17 37 | 0,303 | 3,20 | 2,90 | **Гиперстен** | 10 |
| 17 50 | 0,306 | (3,16) | 2,86 | Благородная шпинель | 2 |
| 17 53 | 0,307 | 3,15 | (2,85) | Анортит | 1 |
| 18 19 | 0,314 | 3,08 | (2,79) | Волластонит | 4 |
| 18 19 | 0,314 | (3,08) | 2,79 | Оливин | 2 |
| 18 36 | 0,319 | 3,03 | (2,75) | Лабрадор | 1 |
| 18 41 | 0,320 | 3,02 | (2,74) | Оливин | 2 |
| 18 48 | 0,322 | 3,00 | (2,72) | **Диопсид** | 10 |
| 18 52 | 0,323 | 2,99 | (2,71) | **Магнетит** | 6 |
| 18 55 | 0,324 | 2,98 | (2,70) | **Авгит** | 10 |
| 18 57 | 0,325 | (2,98) | 2,70 | Гематит | 3 |
| 18 57 | 0,325 | 2,98 | (2,70) | Гиперстен | 2 |

Таблица 37

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 11°59′ | 0,208 | 4,66 Å | (4,22) Å | Благородная шпинель | 3 |
| 12 11 | 0,211 | 4,58 | (4,15) | Альбит | ½ |
| 12 44 | 0,220 | (4,39) | 3,98 | Оливин | 1 |
| 13 17 | 0,230 | 4,21 | (3,81) | Магнетит | 1 |
| 13 32 | 0,234 | 4,13 | (3,75) | Лабрадор | 3 |
| 13 39 | 0,236 | 4,11 | (3,71) | **Альбит** | 5 |
| 13 42 | 0,237 | 4,08 | (3,70) | Анортит | 2½ |
| 13 50 | 0,238 | (4,04) | 3,67 | Гематит | 2 |
| 14 10 | 0,245 | 3,95 | (3,58) | Оливин | 4 |
| 14 11 | 0,245 | 3,95 | (3,58) | Лабрадор | ½ |
| 14 28 | 0,250 | 3,88 | 3,51 | **Волластонит** | 5 |
| 14 41 | 0,253 | 3,82 | (3,46) | Лабрадор | 2½ |
| 14 42 | 0,254 | 3,81 | (3,45) | Альбит | 1 |
| 14 44 | 0,254 | 3,80 | (3,45) | Анортит | 2 |
| 14 48 | 0,255 | 3,79 | (3,43) | Оливин | 2 |
| 15 08 | 0,261 | 3,70 | (3,36) | Альбит | 2 |
| 15 11 | 0,262 | 3,69 | (3,35) | Лабрадор | 1 |
| 15 13 | 0,262 | 3,68 | (3,34) | Гематит | 4 |
| 15 27 | 0,266 | 3,63 | (3,29) | Анортит | 1½ |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Альбит** | 4 |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Лабрадор** | 3½ |
| 15 51 | 0,273 | (3,54) | 3,21 | Гиперстен | 3 |
| 15 53 | 0,274 | 3,53 | (3,20) | Оливин | 3 |
| 15 53 | 0,274 | (3,53) | 3,20 | Анортит | 1½ |
| 15 58 | 0,275 | 3,51 | (3,19) | Волластонит | 4 |
| 16 31 | 0,284 | 3,40 | (3,08) | Альбит | ½ |
| 16 32 | 0,285 | 3,40 | (3,08) | Лабрадор | 1½ |
| 16 40 | 0,287 | 3,37 | (3,06) | Анортит | 1 |
| 16 44 | 0,288 | 3,36 | (3,04) | Гиперстен | 3 |
| 16 52 | 0,290 | (3,33) | 3,02 | Диопсид | 2 |
| 16 58 | 0,292 | (3,31) | 3,00 | Магнетит | 3 |
| 17 01 | 0,293 | 3,30 | 2,99 | **Волластонит** | 8 |
| 17 15 | 0,297 | 3,26 | 2,96 | **Диопсид** | 5 |
| 17 16 | 0,297 | (3,26) | 2,95 | Анортит | 1 |
| 17 19 | 0,298 | 3,25 | (2,94) | **Авгит** | 5 |
| 17 27 | 0,300 | 3,22 | (2,92) | **Лабрадор** | 10 |
| 17 32 | 0,301 | 3,21 | (2,91) | **Альбит** | 10 |
| 17 35 | 0,302 | 3,20 | (2,90) | **Анортит** | 10 |
| 17 37 | 0,303 | 3,20 | 2,90 | **Гиперстен** | 10 |
| 17 50 | 0,306 | (3,16) | 2,86 | Благородная шпинель | 2 |
| 17 53 | 0,307 | 3,15 | (2,85) | Анортит | 1 |
| 18 19 | 0,314 | 3,08 | (2,79) | Волластонит | 4 |
| 18 19 | 0,314 | (3,08) | 2,79 | Оливин | 2 |
| 18 36 | 0,319 | 3,03 | (2,75) | Лабрадор | 1 |
| 18 41 | 0,320 | 3,02 | (2,74) | Оливин | 2 |
| 18 48 | 0,322 | 3,00 | (2,72) | **Диопсид** | 10 |
| 18 52 | 0,323 | 2,99 | (2,71) | **Магнетит** | 6 |
| 18 55 | 0,324 | 2,98 | (2,70) | **Авгит** | 10 |
| 18 57 | 0,325 | (2,98) | 2,70 | Гематит | 3 |
| 18 57 | 0,325 | 2,98 | (2,70) | Гиперстен | 2 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 19°03′ | 0,326 | 2,963 Å | (2,685) Å | **Волластонит** | 10 |
| 19 05 | 0,327 | 2,955 | (2,681) | **Альбит** | 5 |
| 19 09 | 0,328 | 2,948 | (2,672) | **Лабрадор** | 4 |
| 19 09 | 0,328 | 2,948 | (2,672) | **Анортит** | 3½ |
| 19 24 | 0,332 | 2,911 | (2,639) | Диопсид | 3 |
| 19 33 | 0,335 | 2,890 | (2,619) | **Гиперстен** | 8 |
| 19 44 | 0,338 | 2,864 | (2,596) | **Благородная шпинель** | 6 |
| 19 45 | 0,338 | 2,862 | 2,594 | Альбит | 1 |
| 19 47 | 0,338 | 2,857 | (2,590) | Лабрадор | 1½ |
| 19 58 | 0,341 | 2,832 | (2,567) | **Анортит** | 3 |
| 20 09 | 0,344 | (2,807) | 2,544 | **Магнетит** | 5 |
| 20 12 | 0,345 | (2,801) | 2,538 | Диопсид | 5 |
| 20 15 | 0,346 | (2,794) | 2,532 | Волластонит | 1 |
| 20 16 | 0,346 | 2,792) | (2,530) | **Оливин** | 7 |
| 20 19 | 0,347 | (2,785) | 2,524 | Авгит | 3 |
| 20 27 | 0 349 | (2,763) | 2,519 | Гематит | 2 |
| 20 43 | 0,354 | (2,734) | 2,478 | Оливин | 3 |
| 20 47 | 0,355 | 2,725 | (2,470) | Гиперстен | 3 |
| 20 56 | 0,357 | 2,706 | (2,455) | Волластонит | 3 |
| 21 01 | 0,358 | 2,696 | (2,446) | **Гематит** | 10 |
| 21 02 | 0,359 | (2,694) | 2,444 | Благородная шпинель | 5 |
| 21 06 | 0,360 | 2,686 | (2,435) | Лабрадор | 2 |
| 21 25 | 0,365 | 2,648 | (2,400) | Анортит | 1½ |
| 21 29 | 0,366 | 2,641 | (2,393) | Альбит | 1 |
| 21 06 | 0,376 | 2,570 | (2,330) | Диопсид | 2 |
| 22 15 | 0,379 | 2,554 | (2,315) | Альбит | 3½ |
| 22 17 | 0,379 | 2,550 | (2,312) | **Гиперстен** | 5 |
| 22 22 | 0,381 | 2,541 | (2,303) | **Магнетит** | 10 |
| 22 25 | 0,381 | 2,535 | (2,299) | Волластонит | 3 |
| 22 26 | 0,382 | 2,534 | (2,297) | **Лабрадор** | 5 |
| 22 32 | 0,383 | 2,523 | (2,287) | Диопсид | 10 |
| 22 33 | 0,383 | 2,522 | (2,286) | **Авгит** | 10 |
| 22 34 | 0,384 | 2,518 | (2,283) | **Гематит** | 10 |
| 22 36 | 0,384 | 2,516 | 2,281 | **Оливин** | 7 |
| 22 40 | 0,385 | 2,509 | (2,274) | **Анортит** | 5 |
| 22 48 | 0,388 | 2,495 | (2,262) | Лабрадор | ½ |
| 22 56 | 0,390 | 2,482 | (2,249) | **Гиперстен** | 5 |
| 23 05 | 0,392 | 2,466 | (2,236) | **Оливин** | 8 |
| 23 09 | 0,393 | 2,460 | (2,230) | Волластонит | 4 |
| 23 16 | 0,395 | (2,448) | 2,219 | Лабрадор | ½ |
| 23 17 | 0,395 | 2,446 | (2,217) | Альбит | 3 |
| 23 21 | 0 396 | 2,441 | (2,213) | **Благородная шпинель** | 9 |
| 23 26 | 0,398 | (2,432) | 2,204 | Гематит | 2 |
| 23 28 | 0,398 | 2,428 | (2,201) | Магнетит | 3 |
| 23 48 | 0,404 | 2,396 | (2,172) | Альбит | 1 |
| 24 14 | 0,410 | 2,356 | (2,136) | Оливин | 3 |
| 24 34 | 0,416 | 2,326 | (2,108) | **Волластонит** | 5 |
| 24 44 | 0,418 | 2,311 | 2,095 | **Альбит** | 3 |
| 24 45 | 0,419 | (2,310) | 2,094 | Магнетит | 3 |
| 24 50 | 0,420 | 2,303 | (2,087) | Диопсид | 2 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 24°55′ | 0,421 | 2,295 Å | (2,081) Å | Лабрадор | ½ |
| 24 59 | 0,422 | 2,290 | (2,074) | Авгит | 2 |
| 25 19 | 0,427 | 2,261 | (2,050) | **Оливин** | 8 |
| 25 30 | 0,431 | 2,246 | (2,036) | Волластонит | 4 |
| 25 40 | 0,433 | 2,233 | (2 024) | Гиперстен | 1 |
| 25 42 | 0,434 | (2,230) | 2,021 | Благородная шпинель | 4 |
| 25 53 | 0,437 | 2,215 | (2,009) | Лабрадор | ½ |
| 25 55 | 0,437 | (2,213) | 2,005 | Авгит | 2 |
| 25 58 | 0,438 | (2,209) | 2,002 | Диопсид | 2 |
| 26 05 | 0,440 | 2,199 | (1,994) | **Гематит** | 6 |
| 26 22 | 0,444 | 2,177 | 1,974 | Альбит | ½ |
| 26 32 | 0,447 | 2,165 | (1,962) | **Волластонит** | 6 |
| 26 34 | 0,447 | 2,162 | (1,959) | Оливин | 5 |
| 26 56 | 0,453 | 2,135 | (1,935) | **Анортит** | 5 |
| 27 01 | 0,454 | 2,129 | (1,930) | Лабрадор | 3½ |
| 27 02 | 0,455 | 2,128 | (1,929) | Диопсид | 5 |
| 27 08 | 0,456 | 2,120 | (1,920) | **Авгит** | 6 |
| 27 12 | 0,457 | 2,116 | (1,918) | **Альбит** | 3½ |
| 27 15 | 0,459 | 2,112 | (1,914) | **Гиперстен** | 5 |
| 27 20 | 0,459 | 2,106 | (1,909) | **Лабрадор** | 4½ |
| 27 27 | 0,461 | 2,098 | (1,901) | **Магнетит** | 7 |
| 27 28 | 0,461 | 2,097 | (1,900) | Анортит | 2½ |
| 27 42 | 0,465 | (2,080) | 1,886 | Альбит | 2½ |
| 28 14 | 0,473 | 2,044 | (1,853) | Оливин | 2 |
| 28 20 | 0,475 | 2,037 | (1,847) | Диопсид | 3 |
| 28 31 | 0,477 | 2,026 | (1,836) | Гиперстен | 2 |
| 28 35 | 0,478 | 2,021 | (1,832) | Анортит | 2½ |
| 28 35 | 0,478 | (2,021) | 1,832 | Гематит | 2 |
| 28 36 | 0,479 | 2,020 | (1,831) | **Благородная шпинель** | 9 |
| 28 39 | 0,479 | 2,017 | 1,888 | Авгит | 6 |
| 28 42 | 0,480 | (2,014) | 1,825 | Лабрадор | 2 |
| 28 43 | 0,480 | 2,013 | (1,824) | Альбит | 3 |
| 28 45 | 0,481 | 2,010 | (1,822) | Диопсид | 3 |
| 28 51 | 0,483 | 2,004 | 1,817 | Волластонит | 4 |
| 29 13 | 0,488 | 1,931 | (1,796) | Лабрадор | 1 |
| 29 20 | 0,490 | 1,974 | (1,789) | Альбит | 2 |
| 29 20 | 0,490 | 1,974 | (1,789) | Волластонит | 2½ |
| 29 37 | 0,494 | 1,957 | 1,774 | Гиперстен | 4 |
| 30 04 | 0,501 | (1,930) | 1,750 | Оливин | 5 |
| 30 08 | 0,502 | 1,926 | (1,746) | Анортит | 2½ |
| 30 19 | 0,505 | 1,916 | (1,736) | Лабрадор | 2 |
| 30 50 | 0,513 | 1,887 | 1,710 | **Альбит** | 4½ |
| 30 53 | 0,513 | 1,884 | (1,708) | Магнетит | 2 |
| 31 00 | 0,515 | 1,878 | (1,702) | Оливин | 2 |
| 31 01 | 0,515 | 1,877 | (1,701) | Анортит | 1½ |
| 31 05 | 0,516 | 1,873 | (1,698) | Лабрадор | 1 |
| 31 14 | 0,519 | 1,865 | (1,690) | Волластонит | 3 |
| 31 20 | 0,520 | (1,860) | 1,686 | Гематит | 2 |
| 31 35 | 0,524 | 1,846 | (1,674) | Альбит | 2 |
| 31 47 | 0,527 | 1,836 | (1,664) | **Анортит** | 4 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 31°49′ | 0,527 | 1,834 Å | (1,663) Å | **Гематит** | 10 |
| 31 51 | 0,528 | 1,832 | (1,661) | Авгит | 3 |
| 31 56 | 0,529 | 1,828 | (1,657) | Диопсид | 4 |
| 32 01 | 0,530 | 1,824 | (1,653) | **Лабрадор** | 5 |
| 32 05 | 0,531 | 1,821 | (1,650) | **Альбит** | 4½ |
| 32 07 | 0,532 | (1,819) | 1,649 | Благородная шпинель | 2 |
| 32 11 | 0,533 | 1,817 | (1,646) | Волластонит | 5 |
| 32 22 | 0,535 | (1,806) | 1,637 | Оливин | 2 |
| 32 31 | 0,538 | 1,799 | (1,631) | Альбит | ½ |
| 32 33 | 0,538 | 1,797 | (1,629) | **Анортит** | 3 |
| 32 43 | 0,540 | 1,789 | (1,622) | Лабрадор | 2 |
| 32 47 | 0,541 | 1,786 | 1,619 | Оливин | 1 |
| 32 48 | 0,542 | (1,785) | 1,618 | Магнетит | 4 |
| 32 50 | 0,542 | 1,784 | 1,617 | Гиперстен | 4 |
| 32 50 | 0,542 | 1,784 | (1,617) | Диопсид | 3 |
| 32 53 | 0,544 | 1,777 | (1,611) | Альбит | 3½ |
| 33 12 | 0,548 | 1,766 | (1,601) | **Лабрадор** | 5 |
| 33 17 | 0,549 | 1,762 | (1,597) | **Анортит** | 3½ |
| 33 39 | 0,554 | 1,745 | (1,582) | Альбит | 2½ |
| 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,580) | **Оливин** | 10 |
| 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,580) | **Диопсид** | 7 |
| 33 42 | 0,555 | 1,743 | (1,580) | Авгит | 4 |
| 33 42 | 0,555 | 1,743 | 1,580 | Волластонит | 4 |
| 33 49 | 0,557 | 1,738 | (1,575) | Лабрадор | 1½ |
| 34 20 | 0,564 | 1,715 | 1,554 | Благородная шпинель | 5 |
| 34 21 | 0,564 | 1,714 | 1,553 | Альбит | 3 |
| 34 21 | 0,564 | 1,714 | (1,553) | Анортит | 1 |
| 34 24 | 0,565 | 1,712 | (1,552) | Лабрадор | 1½ |
| 34 26 | 0,565 | 1,710 | (1,550) | **Магнетит** | 5 |
| 34 33 | 0,567 | 1,705 | (1,546) | **Волластонит** | 7 |
| 34 51 | 0,571 | (1,692) | 1,534 | Гиперстен | 2 |
| 34 57 | 0,573 | 1,688 | (1,530) | **Гематит** | 10 |
| 35 28 | 0,580 | 1,667 | 1,511 | Оливин | 3 |
| 35 31 | 0,581 | 1,665 | 1,509 | Авгит | 3 |
| 35 34 | 0,582 | 1,663 | 1,507 | Альбит | 2 |
| 35 36 | 0,582 | 1,661 | (1,506) | Диопсид | 2 |
| 35 56 | 0,587 | 1,648 | 1,494 | Благородная шпинель | 5 |
| 36 06 | 0,589 | (1,641) | 1,488 | Гиперстен | 3 |
| 36 18 | 0,592 | (1,633) | 1,481 | Гематит | 3 |
| 36 19 | 0,592 | (1,633) | 1,480 | Оливин | 5 |
| 36 20 | 0,592 | (1,632) | 1,479 | Магнетит | 2 |
| 36 30 | 0,595 | 1,626 | (1 474) | Анортит | 2 |
| 36 41 | 0,597 | 1,619 | (1,467) | **Авгит** | 10 |
| 36 43 | 0,598 | 1,617 | 1,466 | Оливин | 2 |
| 36 45 | 0,598 | 1,616 | 1,465 | **Диопсид** | 10 |
| 36 47 | 0,599 | (1,615) | 1,464 | Волластонит | 2 |
| 36 51 | 0,600 | 1,612 | (1,462) | Магнетит | 9 |
| 37 12 | 0,605 | 1,599 | (1,450) | **Гиперстен** | 6 |
| 37 20 | 0,606 | 1,595 | 1,445 | **Гематит** | 5 |
| 37 20 | 0 606 | (1,595) | 1,445 | Лабрадор | 2 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 37°21′ | 0,607 | 1,594 Å | (1,445) Å | **Волластонит** | 6 |
| 37 43 | 0,612 | 1,581 | (1,433) | Альбит | 1½ |
| 37 55 | 0,615 | (1,574) | 1,426 | Благородная шпинель | 4 |
| 38 03 | 0,616 | 1,569 | (1,422) | Оливин | 3 |
| 38 06 | 0,617 | (1,567) | 1,421 | Альбит | 1½ |
| 38 13 | 0,619 | 1,563 | (1,417) | Лабрадор | 1½ |
| 38 18 | 0,620 | (1,560) | 1,414 | Диопсид | 3 |
| 38 27 | 0,622 | (1,555) | 1,410 | Авгит | 4 |
| 38 33 | 0,623 | 1,552 | (1,407) | Благородная шпинель | 9 |
| 39 03 | 0,630 | 1,535 | (1,381) | Оливин | 1 |
| 39 06 | 0,631 | 1,533 | (1,390) | Лабрадор | ½ |
| 39 08 | 0,631 | (1,532) | 1,389 | Анортит | 1 |
| 39 15 | 0,633 | 1,528 | (1,335) | Альбит | 2½ |
| 39 18 | 0,633 | 1,527 | (1,384) | **Гиперстен** | 5 |
| 39 27 | 0,635 | 1,522 | (1,380) | Волластонит | 4 |
| 39 28 | 0,636 | 1,521 | (1 379) | Диопсид | 3 |
| 40 02 | 0,643 | 1,503 | (1,363) | Авгит | 5 |
| 40 09 | 0,645 | 1,500 | (1,359) | Альбит | 3 |
| 40 14 | 0,646 | 1,497 | 1,357 | Диопсид | 3 |
| 40 18 | 0,647 | 1,495 | 1,355 | **Оливин** | 6 |
| 40 35 | 0,651 | 1,486 | (1,347) | **Гиперстен** | 8 |
| 40 37 | 0,651 | 1,485 | (1,346) | Лабрадор | 3 |
| 40 41 | 0,652 | 1,483 | (1,345) | **Гематит** | 9 |
| 40 47 | 0,653 | 1,480 | (1,342) | **Анортит** | 3½ |
| 40 49 | 0,654 | 1,479 | (1,341) | **Магнетит** | 9 |
| 40 52 | 0,654 | 1,478 | (1,340) | **Оливин** | 8 |
| 41 04 | 0,657 | 1,471 | (1,334) | **Волластонит** | 6 |
| 41 36 | 0,664 | 1,457 | (1,320) | **Альбит** | 4½ |
| 41 47 | 0,666 | 1,451 | (1,316) | **Лабрадор** | 5 |
| 41 48 | 0,667 | 1,451 | (1,315) | Анортит | 2½ |
| 41 54 | 0,668 | 1,448 | (1,313) | **Гематит** | 9 |
| 41 55 | 0,668 | 1,448 | (1,312) | Волластонит | 5 |
| 42 30 | 0,676 | (1,431) | 1,297 | Оливин | 2 |
| 42 39 | 0,678 | 1,427 | 1,293 | Благородная шпинель | 10 |
| 42 44 | 0,679 | 1,425 | (1,292) | Альбит | 3½ |
| 42 54 | 0,681 | 1,421 | (1,288) | Гиперстен | 2 |
| 42 55 | 0,681 | 1,420 | (1,287) | Лабрадор | 1½ |
| 43 00 | 0,682 | 1,418 | 1,285 | **Диопсид** | 9 |
| 43 13 | 0,685 | 1,412 | (1,280) | **Авгит** | 10 |
| 43 16 | 0,685 | 1,411 | (1,279) | Магнетит | 2 |
| 43 17 | 0,686 | 1,410 | (1,278) | Анортит | 1 |
| 43 27 | 0,688 | (1,406) | 1,275 | Диопсид | 1 |
| 43 57 | 0,695 | 1,393 | (1,263) | **Оливин** | 8 |
| 44 08 | 0,696 | 1,389 | (1,259) | **Гиперстен** | 6 |
| 44 16 | 0,698 | 1,385 | (1,256) | Анортит | 3 |
| 44 16 | 0,698 | 1,385 | (1,256) | Альбит | 1 |
| 44 18 | 0,698 | 1,385 | (1,255) | Волластонит | 1 |
| 44 38 | 0,703 | 1,376 | (1,248) | Лабрадор | 3 |
| 44 44 | 0,704 | 1,374 | (1,245) | Альбит | 1 |
| 45 19 | 0,711 | 1,360 | (1,233) | Анортит | 2½ |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 45°22′ | 0,712 | (1,359) Å | 1,232 Å | **Благородная шпинель** | 3 |
| 45 32 | 0,714 | 1,355 | (1,228) | **Волластонит** | 6 |
| 45 49 | 0,717 | 1,349 | (1,223) | **Оливин** | 7 |
| 45 54 | 0,718 | 1,347 | (1,221) | Альбит | 5 |
| 45 55 | 0,718 | 1,346 | (1,220) | **Лабрадор** | 5 |
| 46 01 | 0,720 | 1,344 | (1,218) | Гематит | 2 |
| 46 05 | 0,720 | 1,342 | (1,217) | Анортит | 2½ |
| 46 06 | 0,721 | 1,342 | (1,217) | Гиперстен | 3 |
| 46 40 | 0,727 | 1,329 | (1,205) | Волластонит | 2 |
| 46 53 | 0,730 | 1,325 | (1,201) | Магнетит | 3 |
| 46 56 | 0,730 | 1,324 | (1,200) | **Авгит** | 8 |
| 47 00 | 0,731 | 1,322 | (1,199) | **Диопсид** | 8 |
| 47 02 | 0,732 | 1,322 | (1,199) | **Альбит** | 1½ |
| 47 14 | 0,734 | 1,317 | (1,194) | **Анортит** | 1½ |
| 47 17 | 0,735 | 1,316 | (1,193) | Лабрадор | 3½ |
| 47 22 | 0,736 | 1,314 | (1,191) | Оливин | 6 |
| 47 43 | 0,740 | 1,307 | 1,186 | **Гематит** | 5 |
| 47 53 | 0,742 | 1,304 | 1,182 | **Гиперстен** | 5 |
| 48 19 | 0,747 | 1,295 | (1,174) | Оливин | 3 |
| 48 53 | 0,753 | 1,284 | (1,163) | Лабрадор | 1½ |
| 49 04 | 0,755 | 1,280 | (1,160) | **Диопсид** | 7 |
| 49 07 | 0,756 | 1,279 | (1,159) | Благородная шпинель | 3 |
| 49 09 | 0,756 | 1,278 | (1,159) | Альбит | 3 |
| 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | **Авгит** | 6 |
| 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | **Магнетит** | 5 |
| 49 22 | 0,759 | 1,274 | 1,155 | Анортит | 1½ |
| 49 44 | 0,763 | 1,267 | (1,149) | Гиперстен | 4 |
| 49 48 | 0,764 | 1,266 | (1,148) | Альбит | 1½ |
| 49 56 | 0,765 | 1,264 | (1,145) | Магнетит | 2 |
| 50 02 | 0,766 | 1,262 | 1,144 | Волластонит | 3 |
| 50 06 | 0,767 | 1,261 | (1,143) | Диопсид | 5 |
| 50 06 | 0,767 | 1,261 | (1,143) | Лабрадор | 3 |
| 50 19 | 0,770 | 1,257 | 1,139 | Гематит | 3 |
| 50 31 | 0,772 | 1,253 | (1,136) | Оливин | 1 |
| 50 32 | 0,772 | 1,253 | (1,135) | Гиперстен | 2 |
| 50 32 | 0,772 | 1,253 | (1,135) | Альбит | 1 |
| 50 56 | 0,776 | 1,246 | (1,129) | Авгит | 4 |
| 51 00 | 0,777 | 1,244 | (1,128) | Лабрадор | 2 |
| 51 01 | 0,777 | 1,244 | (1,128) | Диопсид | 3 |
| 51 46 | 0,786 | 1,231 | (1,116) | **Благородная шпинель** | 7 |
| 52 12 | 0,790 | 1,224 | (1,109) | **Альбит** | 5 |
| 52 16 | 0,791 | 1,223 | (1,108) | Гематит | 1 |
| 52 37 | 0,795 | 1,217 | (1,109) | **Лабрадор** | 4½ |
| 52 52 | 0,797 | 1,213 | (1,099) | Диопсид | 2 |
| 52 59 | 0,798 | 1,211 | (1,099) | Анортит | 2½ |
| 53 00 | 0,799 | 1,211 | (1,098) | Альбит | 1 |
| 53 01 | 0,799 | 1,211 | (1,097) | Гематит | 1 |
| 53 04 | 0,799 | 1,210 | (1,097) | Волластонит | 3 |
| 53 09 | 0,800 | (1,209) | 1,095 | Магнетит | 3 |
| 53 15 | 0,801 | 1,207 | (1,094) | Лабрадор | 2 |

| $\theta$ | sin $\theta$ | $\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2 \cdot \sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2 \cdot \sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 54°10′ | 0,811 | 1,193 Å | (1,081) Å | Альбит | 1½ |
| 54 31 | 0,814 | 1,188 | 1,076 | Оливин | 3 |
| 54 33 | 0,815 | 1,187 | 1,076 | Гематит | 2 |
| 54 47 | 0,817 | 1,184 | (1,073) | Гиперстен | 2 |
| 55 19 | 0,822 | (1,176) | 1,066 | Диопсид | 3 |
| 55 29 | 0,824 | 1,174 | (1,065) | Магнетит | 1 |
| 55 33 | 0,825 | 1,173 | 1,063 | Альбит | 2 |
| 55 36 | 0,825 | (1,172) | 1,062 | Авгит | 2 |
| 55 46 | 0,827 | 1,170 | (1,060) | **Волластонит** | 5 |
| 55 54 | 0,828 | 1,168 | (1,059) | Оливин | 3 |
| 55 00 | 0,829 | 1,166 | (1,057) | **Анортит** | 3 |
| 56 01 | 0,829 | 1,166 | (1,057) | **Благородная шпинель** | 6 |
| 56 05 | 0,830 | 1,165 | (1,056) | Лабрадор | 2½ |
| 56 14 | 0,831 | 1,163 | (1,054) | Альбит | 2 |
| 56 27 | 0,833 | 1,160 | 1,052 | Гематит | 2 |
| 56 59 | 0,839 | 1,153 | (1,045) | Магнетит | 1 |
| 57 01 | 0,839 | 1,153 | (1,045) | Лабрадор | 2½ |
| 57 05 | 0,839 | 1,152 | (1,044) | Авгит | 3 |
| 57 31 | 0,844 | 1,146 | (1,039) | Диопсид | 3 |
| 57 59 | 0,848 | 1,141 | (1,034) | Альбит | 1 |
| 58 11 | 0,850 | (1,138) | 1,032 | Оливин | 4 |
| 58 14 | 6,850 | 1,137 | (1,031) | Гематит | 4 |
| 58 20 | 0,851 | 1,136 | (1,030) | Волластонит | 2 |
| 58 35 | 0,853 | 1,133 | (1,027) | Альбит | 1 |
| 58 44 | 0,855 | 1,131 | (1,025) | **Благородная шпинель** | 5 |
| 59 00 | 0,857 | 1,128 | (1,023) | Лабрадор | 3½ |
| 59 08 | 0,858 | 1,127 | 1,021 | Анортит | 1½ |
| 59 22 | 0,860 | (1,124) | 1,019 | Оливин | 2 |
| 59 46 | 0,864 | 1,119 | (1,015) | Магнетит | 4 |
| 60 02 | 0,866 | (1,116) | 1,012 | Оливин | 1 |
| 60 12 | 0,868 | 1,114 | (1,010) | Благородная шпинель | 2 |
| 60 47 | 0,873 | 1,108 | (1,004) | Альбит | 2 |
| 60 48 | 0,873 | 1,108 | (1,004) | Авгит | 2 |
| 60 55 | 0,874 | 1,107 | (1,003) | Диопсид | 1 |
| 61 02 | 0,875 | 1,105 | (1,002) | Лабрадор | 1 |
| 61 03 | 0,875 | 1,105 | (1,002) | Волластонит | 3 |
| 61 25 | 0,878 | 1,101 | (0,998) | **Гематит** | 6 |
| 61 38 | 0,880 | 1,099 | (0,996) | Оливин | 4 |
| 62 24 | 0,886 | 1,091 | (0,991) | **Магнетит** | 8 |
| 62 26 | 0,886 | 1,091 | (0,989) | Волластонит | 4 |
| 62 32 | 0,887 | 1,089 | (0,988) | Альбит | 1 |
| 63 32 | 0,895 | 1,080 | (0,979) | **Благородная шпинель** | 6 |
| 63 39 | 0,896 | 1,079 | (0,978) | Оливин | 2 |
| 63 42 | 0,896 | 1,079 | (0,978) | Анортит | 2 |
| 64 02 | 0,899 | 1,076 | (0,975) | Альбит | 1 |
| 64 33 | 0,903 | 1,071 | (0,971) | **Авгит** | 10 |
| 64 36 | 0,903 | 1,071 | (0,970) | **Диопсид** | 10 |
| 65 04 | 0,907 | 1,066 | (0,967) | Лабрадор | 1½ |
| 65 05 | 0,907 | 1,066 | (0,966) | Гиперстен | 2 |
| 65 06 | 0,907 | 1,066 | (0,966) | Авгит | 3 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 65°16′ | 0,908 | 1,065Å | (0,966) Å | Альбит | 3 |
| 65 20 | 0,909 | 1,064 | (0,965) | Оливин | 3 |
| 65 24 | 0,909 | 1,064 | (0,964) | Анортит | 3 |
| 65 25 | 0,909 | 1,063 | (0,964) | Диопсид | 3 |
| 65 40 | 0,911 | 1,061 | (0,962) | Лабрадор | 1½ |
| 66 39 | 0,918 | 1,053 | (0,955) | Гематит | 4 |
| 66 40 | 0,918 | 1,053 | (0,955) | Авгит | 3 |
| 66 44 | 0,919 | 1,053 | (0,954) | **Благородная шпинель** | 10 |
| 66 47 | 0,919 | 1,052 | (0,954) | Альбит | 1½ |
| 66 53 | 0,920 | 1,051 | (0,953) | Гиперстен | 4 |
| 66 53 | 0,920 | 1,051 | (0,953) | Диопсид | 4 |
| 67 29 | 0,924 | 1,047 | (0,949) | **Магнетит** | 6 |
| 68 13 | 0,929 | 1,041 | (0,944) | Авгит | 2 |
| 68 14 | 0,929 | 1,041 | (0,944) | Диопсид | 3 |
| 68 50 | 0,933 | 1,037 | (0,940) | **Оливин** | 10 |
| 69 08 | 0,934 | 1,035 | (0,938) | Лабрадор | 2 |
| 69 50 | 0,939 | 1,030 | (0,934) | Волластонит | 4 |
| 71 08 | 0,946 | 1,022 | (0,926) | Оливин | 6 |
| 72 10 | 0,952 | 1,016 | (0,921) | Оливин | 5 |
| 72 15 | 0,952 | 1,015 | (0,920) | Лабрадор | 1 |
| 73 31 | 0,959 | 1,008 | (0,914) | Лабрадор | 1½ |

На таблице 37 даны углы отблеска $\theta$, $\sin\theta$ и $d/n$ — расстояния между плоскими сетками и относительные интенсивности линий для дебаеграмм всех исследованных нами минералов в порядке возрастания углов отблеска $\theta$. Относительные интенсивности для линий дебаеграмм плагиоклазов, приведенные здесь, уменьшены в два раза против тех, которые были даны в таблицах при описании эталонных дебаеграмм. Линии характерных комплексов в этой таблице подчеркнуты.

В колонках 1, 2, 3 и 4 таблицы 37 приводятся соответственно исправленные углы отблеска $\theta$ для всех линий при применении железного антикатода, $\sin\theta$, расстояния $d/n$ между плоскими сетками, вычисленные по формуле — $d_1/n=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$, где $\lambda_\alpha$ длина волны излучения серии $K_\alpha$Fe и $d_2n=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ — расстояния между плоскими сетками, вычисленные аналогичным способом для излучения серии $K_\beta$Fe. Для линий, имеющих величину $d_2/n$, близкую к $d_1/n$ какой-либо другой линии этого же минерала, и, по всей вероятности, вызванных излучением $K_\beta$Fe, величина $d_1/n$ поставлена в сплошные скобки или в пунктирные, если нет точного совпадения $d_2/n$ и $d_1/n$ или если имеется несоответствие в интенсивностях линий. Вслед за названием минерала в последней графе приведены относительные интенсивности линий.

Таблицей 37 можно пользоваться для установления присутствия упоминающихся в этой таблице минералов в смеси, анализируемой рентгеновыми лучами.

Расшифровку состава смеси по дебаеграммам с помощью таблицы 37 можно производить следующим образом (см. также главу 6).

Прежде всего вычисляются величины исправленных углов отблеска, $\sin\theta$ и величины $d_1/n$ и $d_2/n$ для всех линий дебаеграммы смеси. В случае, если дебаеграмма получена при железном антикатоде, величины $d_1/n$ и $d_2/n$ можно не вычислять и пользоваться при этом величинами углов отблеска $\theta$ или $\sin\theta$. Затем

для величин, выбранных для сравнения, устанавливаются пределы возможных уклонений в ту или другую сторону. После этого для каждой линии дебаеграммы из таблицы 37 выписываются названия минералов с указанием относительной интенсивности и сравниваемой величины ($\theta$, $\sin\theta$ или $d/n$), для которых сравниваемая величина лежит в пределах возможных ошибок для данной линии дебаеграммы смеси. Попутно отдельно отмечаются все линии характерных комплексов минералов (они набраны жирным шрифтом в таблице 37), которые попадают между пределами возможных ошибок двух соседних линий смеси. После того как эти две операции произведены, можно отбросить те минералы, для которых бо́льшая часть линий характерных комплексов не имеет соответственных линий на дебаеграмме смеси. Оставшихся минералов для каждой линии дебаеграммы смеси обычно бывает мало; из них производится дальнейший отбор путем сравнения относительных интенсивностей и углов отблеска, выписанных против каждой линии дебаеграммы смеси. В заключение для минералов, которые имеют много линий, совпадающих с линиями дебаеграммы смеси, должно быть произведено сравнение дебаеграммы и таблиц, приведенных в главе 4 для каждого минерала, с дебаеграммой смеси и таблицей относительных интенсивностей и углов отблеска $\theta$ (или $\sin\theta$, или $d/n$) для этой дебаеграммы.

## VI. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ЭТАЛОННЫХ ДЕБАЕГРАММ К РАСШИФРОВКЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА КАМЕННОГО ЛИТЬЯ

### 1. Условия получения образца каменного литья

Образец каменного литья был приготовлен в лаборатории экспериментальной минералогии и петрографии Л. Г. И. Д. П. Григорьевым. Условия получения его следующие. Куски диабаза расплавлялись в тигле *A*, помещенном в трубчатой печи *B* (рис. 27) при температуре 1300° С. Расплавленный диабаз вытекал из тигля *A* через отверстие в нем *C* и собирался в тигле *D* на дне трубчатой печи. Во время плавки в печь через канал *E* нагнетался воздух; таким образом атмосфера печи была окислительной. Плавка продолжалась два часа, после чего нагрев печи выключался, и начиналось охлаждение и раскристаллизация расплава. Печь остывала в течение 5 *час* до комнатной температуры.

При раскристаллизации продукта в нем ожидалось появление следующих минералов (в порядке вероятности появления): 1) магнетит, 2) пироксены, 3) оливин, 4) плагиоклазы, 5) гематит.

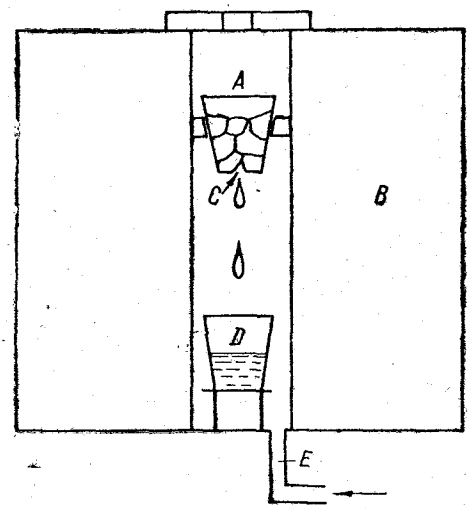


Рис. 27. Трубчатая печь.

### 2. Условия получения и общий вид дебаеграммы каменного литья

Снимок был произведен в той же самой камере, в которой был снят диопсид с 15% NaCl. Диаметр камеры $D = 46{,}00$ *мм*. Камера во время экспозиции располагалась таким образом, что ось цилиндра ее ставилась горизонтально, столбик образца—параллельно срезу антикатода. Экспозиция продолжалась 48 *час* при силе тока в трубке 6—7 mA.

На дебаеграмме получено 27 линий; из них четыре линии имеют большую относительную интенсивность, а остальные—значительно более слабы по интенсивности. Большинство линий обладают хорошей четкостью, другие линии получились более широкими, в этом последнем случае мы имеем дело с совокупностью нескольких близко друг от друга лежащих линий.

### 3. Расшифровка минералогического состава каменного литья

На таблице 38 приведены данные, полученные из дебаеграммы каменного литья. Первые 8 колонок этой таблицы соответствуют таковым для таблиц эталонных минералов, приведенных выше. В колонке 9 даны поправки, взятые по кривой диаграммы 16 (образец каменного литья снимался в той же камере, что и гиперстен). В колонках 10, 11, 12 и 13 приведены соответственно величины исправленных углов отблеска $\theta$, $\sin\theta$ и величины расстояний между плоскими сетками $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ и $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$.

Таблица 38

| №№ | $I$ | Измерение $2l_3$ | Измерение $2l_2$ | Измерение $2l_1$ | $\Delta 2l$ | $2l$ | $\theta_{изм}$ | $\Delta\theta$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 23,55 | 23,50 | 23,50 | 0,05 | 23,52 | 14°39′ | 64′ | 13°35′ | 0,235 | 4,12 | 3,73 |
| 2 | 3 | 25,20 | 25,25 | 25,35 | 0,15 | 25,27 | 15 44 | 62 | 14 42 | 0,254 | 3,81 | 3,45 |
| 3 | 2 | 26,90 | 26,95 | 26,85 | 0,10 | 26,90 | 16 45 | 60 | 15 45 | 0,271 | 3,56 | 3,23 |
| 4 | 4 | 28,20 | 28,20 | 28,20 | 0,00 | 28,20 | 17 34 | 58 | 16 36 | 0,286 | 3,38 | 3,07 |
| 5 | 10 | 29,55 | 29,55 | 29,55 | 0,00 | 29,55 | 18 24 | 57 | 17 27 | 0,300 | 3,22 | 2,92 |
| 6 | 8 | 31,60 | 31,80 | 31,70 | 0,20 | 31,70 | 19 44 | 55 | 18 49 | 0,322 | 3,00 | 2,72 |
| 7 | 2 | 33,80 | 33,70 | 33,60 | 0,20 | 33,70 | 20 59 | 53 | 20 06 | 0,344 | 2,814 | 2,551 |
| 8 | 10 | 37,40 | 37,40 | 37,45 | 0,05 | 37,42 | 23 17 | 50 | 22 27 | 0,382 | 2,532 | 2,295 |
| 9 | 2 | 38,90 | 38,80 | 38,85 | 0,10 | 38,85 | 24 11 | 49 | 23 22 | 0,397 | 2,438 | 2,210 |
| 10 | 3 | 44,60 | 44,60 | 44,65 | 0,05 | 44,62 | 27 47 | 45 | 27 02 | 0,455 | 2,128 | 1,930 |
| 11 | 3 | 45,25 | 45,15 | 45,20 | 0,10 | 45,20 | 28°08 | 45 | 27 23 | 0,460 | 2,103 | 1,906 |
| 12 | 3 | 46,65 | 46,75 | 46,80 | 0,15 | 46,73 | 29 06 | 44 | 28 22 | 0,475 | 2,035 | 1,845 |
| 13 | 3 | 52,40 | 52,45 | 52,35 | 0,10 | 52,40 | 32 38 | 41 | 31 57 | 0,529 | 1,827 | 1,656 |
| 14 | 4 | 54,25 | 54,35 | 54,30 | 0,10 | 54,30 | 33 49 | 39 | 33 10 | 0,547 | 1,768 | 1,602 |
| 15 | 2 | 56,30 | 56,30 | 56,30 | 0,00 | 56,30 | 35 04 | 38 | 34 26 | 0,565 | 1,710 | 1,550 |
| 16 | 7 | 59,80 | 59,70 | 59,75 | 0,15 | 59,78 | 37 13 | 36 | 36 47 | 0,599 | 1,615 | 1,464 |
| 17 | 7 | 60,10 | 60,30 | 60,20 | 0,20 | 60,20 | 37 29 | 36 | 36 53 | 0,600 | 1,611 | 1,460 |
| 18 | 2 | 63,50 | 63,40 | 63,45 | 0,10 | 63,45 | 39 30 | 34 | 38 58 | 0,628 | 1,539 | 1,395 |
| 19 | 9 | 66,40 | 66,40 | 66,40 | 0,00 | 66,40 | 41 21 | 32 | 40 49 | 0,654 | 1,479 | 1,341 |
| 20 | 2 | 67,90 | 67,95 | 67,85 | 0,10 | 67,90 | 42 17 | 31 | 41 46 | 0,666 | 1,452 | 1,316 |
| 21 | 3 | 69,90 | 69,90 | 69,90 | 0,00 | 69,90 | 43 32 | 30 | 43 02 | 0,682 | 1,417 | 1,284 |
| 22 | 2 | 72,55 | 72,45 | 72,40 | 0,15 | 72,47 | 45 08 | 30 | 44 38 | 0,703 | 1,376 | 1,248 |
| 23 | 3 | 76,30 | 76,30 | 76,30 | 0,00 | 76,30 | 47 34 | 28 | 47 06 | 0,733 | 1,320 | 1,197 |
| 24 | 3 | 79,80 | 79,85 | 79,85 | 0,05 | 79,83 | 49 43 | 27 | 49 16 | 0,759 | 1,276 | 1,157 |
| 25 | 3 | 85,20 | 85,20 | 85,10 | 0,10 | 85,17 | 53 01 | 26 | 52 35 | 0,794 | 1,218 | 1,104 |
| 26 | 5 | 100,85 | 100,95 | 100,80 | 0,15 | 100,87 | 62 49 | 23 | 62 26 | 0,886 | 1,091 | 0,989 |
| 27 | 6 | 104,45 | 104,45 | 104,40 | 0,05 | 104,43 | 65 02 | 22 | 64 40 | 0,904 | 1,070 | 0,970 |

После того как дебаеграмма каменного литья была промерена и получены данные, содержащиеся в колонках 10, 11, 12 и 13 таблицы 38, можно было приступить к сравнению ее с эталонными дебаеграммами, пользуясь при этом таблицей 37. На таблице 39 показано сравнение каждой линии дебаеграммы каменного литья в отдельности с линиями дебаеграмм эталонов. В каждой клетке таблицы 39 в верхней части даны углы отблеска $\theta$, $\sin\theta$, величины $d_1/n$ и $d_2/n$,

Таблица 39

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 13°35′ | 0,235 | 4,12 | 3,73 | № 1 | 3 |
| 13 32 | 0,234 | 4,13 | (3,75) | Лабрадор | 3 |
| 13 39 | 0,236 | 4,10 | (3,71) | **Альбит** | 5 |
| 13 42 | 0,237 | 4,08 | (3,70) | Анортит | 2½ |
| 13 45 | 0,238 | (4,07) | 3,69 | Гематит | 2 |
| 14 42 | 0,254 | 3,81 | 3,45 | № 2 | 3 |
| 14 41 | 0,253 | 3,82 | (3,46) | Лабрадор | 2½ |
| 14 42 | 0,254 | 3,80 | 3,45 | Альбит | 1 |
| 14 44 | 0,254 | 3,80 | (3,45) | Анортит | 2 |
| 14 48 | 0,255 | 3,79 | (3,43) | Оливин | 2 |
| 15 45 | 0,271 | 3,56 | 3,23 | № 3 | 2 |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Альбит** | 4 |
| 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 | **Лабрадор** | 3½ |
| 15 51 | 0,273 | 3,54 | (3,21) | Гиперстен | 3 |
| 15 53 | 0,274 | 3,53 | (3,20) | Оливин | 3 |
| 16 36 | 0,286 | 3,38 | 3,07 | № 4 | 4 |
| 16 31 | 0,284 | 3,40 | (3,08) | Альбит | ½ |
| 16 32 | 0,285 | 3,40 | (3,08) | Лабрадор | 1½ |
| 16 40 | 0,287 | 3,37 | (3,06) | Анортит | 1 |
| 16 44 | 0,288 | 3,36 | (3,04) | Гиперстен | 3 |
| 17 27 | 0,300 | 3,22 | 2,92 | № 5 | 10 |
| 17 19 | 0,298 | 3,25 | 2,94 | **Авгит** | 5 |
| 17 27 | 0,300 | 3,22 | (2,92) | **Лабрадор** | 10 |
| 17 32 | 0,301 | 3,21 | (2,91) | **Альбит** | 10 |
| 17 35 | 0,302 | 3,20 | (2,90) | **Анортит** | 10 |
| 17 37 | 0,303 | 3,20 | 2,90 | Гиперстен | 10 |
| 18 49 | 0,322 | 3,00 | 2,72 | № 6 | 8 |
| 18 48 | 0,322 | 3,00 | (2,72) | **Диопсид** | 10 |
| 18 52 | 0,323 | 2,99 | (2,71) | **Магнетит** | 6 |
| 18 54 | 0,324 | (2,99) | 2,71 | Гематит | 3 |
| 18 55 | 0,324 | 2,98 | (2,70) | **Авгит** | 10 |
| 18 57 | 0,325 | 2,98 | (2,70) | Гиперстен | 2 |
| 20 06 | 0,344 | 2,814 | 2,551 | № 7 | 2 |
| 19 58 | 0,341 | 2,832 | (2,567) | **Анортит** | 3 |
| 20 09 | 0,344 | (2,807) | 2,544 | **Магнетит** | 5 |
| 20 12 | 0,345 | (2,801) | 2,538 | Диопсид | 5 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | *I* |
|---|---|---|---|---|---|
| 20°15′ | 0,346 | (2,794) | 2,532 | Волластонит | 1 |
| 20 16 | 0,346 | 2,792 | (2,530) | Оливин | 7 |
| 22 27 | 0,382 | 2,532 | (2,295) | № 8 | 10 |
| 22 17 | 0,379 | 2,550 | (2,318) | **Гиперстен** | 5 |
| 22 22 | 0,381 | 2,541 | (2,303) | **Магнетит** | 10 |
| 22 25 | 0,381 | 2,535 | (2,299) | Волластонит | 3 |
| 22 26 | 0,382 | 2,534 | (2,297) | **Лабрадор** | 5 |
| 22 32 | 0,383 | 2,523 | (2,287) | **Диопсид** | 10 |
| 22 33 | 0,383 | 2,522 | (2,286) | **Авгит** | 10 |
| 22 34 | 0,384 | 2,520 | (2,284) | **Гематит** | 10 |
| 22 36 | 0,384 | 2,516 | 2,281 | Оливин | 7 |
| 23 22 | 0,397 | 2,438 | 2,210 | № 9 | 2 |
| 23 16 | 0,395 | (2,448) | 2,219 | Лабрадор | 1/2 |
| 23 17 | 0,395 | 2,446 | (2,217) | Альбит | 3 |
| 23 21 | 0,396 | 2,440 | (2,211) | **Благородная шпинель** | 9 |
| 23 26 | 0,398 | (2,439) | 2,204 | Гематит | 2 |
| 23 28 | 0,398 | 2,428 | (2,201) | Магнетит | 3 |
| 27 02 | 0,455 | 2,128 | 1,929 | № 10 | 3 |
| 26 56 | 0,453 | 2,135 | (1,935) | **Анортит** | 5 |
| 27 01 | 0,454 | 2,129 | (1,930) | Лабрадор | 3 1/2 |
| 27 02 | 0,455 | 2,128 | (1,929) | **Диопсид** | 5 |
| 28 08 | 0,456 | 2,120 | (1,922) | **Авгит** | 6 |
| 27 12 | 0,457 | 2,116 | (1,918) | Альбит | 3 1/2 |
| 27 23 | 0,460 | 2,103 | 1,906 | № 11 | 3 |
| 27 15 | 0,459 | 2,112 | (1,914) | **Гиперстен** | 5 |
| 27 20 | 0,459 | 2,106 | (1,909) | **Лабрадор** | 4 1/2 |
| 27 27 | 0,461 | 2,098 | (1,901) | **Магнетит** | 7 |
| 27 28 | 0,461 | 2,097 | (1,900) | Анортит | 2 1/2 |
| 28 22 | 0,475 | 2,035 | 1,845 | № 12 | 3 |
| 28 20 | 0,475 | 2,038 | (1,847) | Диопсид | 3 |
| 28 23 | 0,475 | 2,034 | (1,844) | Оливин | 2 |
| 28 31 | 0,477 | 2,026 | (1,836) | Гиперстен | 2 |
| 31 57 | 0,529 | 1,827 | 1,656 | № 13 | 3 |
| 31 47 | 0,527 | 1,836 | (1,664) | **Анортит** | 4 |
| 31 49 | 0,527 | 1,834 | (1,663) | **Гематит** | 10 |
| 31 51 | 0,528 | 1,838 | (1,661) | Авгит | 3 |
| 31 56 | 0,529 | 1,828 | (1,657) | Диопсид | 4 |
| 32 01 | 0,530 | 1,824 | (1,653) | **Лабрадор** | 5 |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | *I* |
|---|---|---|---|---|---|
| 32°05′ | 0,531 | 1,821 | (1,650) | **Альбит** | 4½ |
| 32 07 | 0,532 | (1,819) | (1,649) | Благородная шпинель | 2 |
| 33 10 | 0,547 | 1,768 | 1,602 | № 14 | 4 |
| 33 12 | 0,548 | 1,766 | (1,601) | **Лабрадор** | 5 |
| 33 17 | 0,549 | 1,762 | (1,597) | **Анортит** | 3½ |
| 34 26 | 0,565 | 1,710 | 1,550 | № 15 | 2 |
| 34 20 | 0,564 | 1,715 | (1,554) | Благородная шпинель | 5 |
| 34 21 | 0,564 | 1,714 | (1,554) | Альбит | 3 |
| 34 21 | 0,564 | 1,714 | (1,554) | Анортит | 1 |
| 34 24 | 0,565 | 1,712 | (1,552) | Лабрадор | 1½ |
| 34 26 | 0,565 | 1,710 | (1,550) | **Магнетит** | 5 |
| 34 33 | 0,567 | 1,705 | (1,546) | **Волластонит** | 7 |
| 36 47 | 0,599 | 1,615 | 1,464 | № 16 | 7 |
| 36 41 | 0,597 | 1,619 | (1,468) | **Авгит** | 10 |
| 36 43 | 0,598 | 1,617 | (1,466) | Оливин | 2 |
| 36 45 | 0,598 | 1,616 | (1,465) | **Диопсид** | 10 |
| 36 47 | 0,599 | (1,615) | (1,564) | Волластонит | 2 |
| 36 51 | 0,600 | 1,612 | (1,462) | Магнетит | 9 |
| 36 53 | 0,600 | 1,611 | 1,460 | № 17 | 7 |
| 36 47 | 0,599 | (1,615) | 1,464 | Волластонит | 2 |
| 36 51 | 0,600 | 1,612 | (1,462) | **Магнетит** | 9 |
| 37 12 | 0,605 | 1,599 | (1,450) | **Гиперстен** | 6 |
| 38 56 | 0,628 | 1,539 | 1,395 | № 18 | 2 |
| 39 03 | 0,630 | 1,535 | (1,381) | Оливин | 1 |
| 39 06 | 0,631 | 1,533 | (1,390) | Лабрадор | 1½ |
| 40 49 | 0,654 | 1,479 | 1,341 | № 19 | 9 |
| 40 41 | 0,652 | 1,483 | (1,345) | **Гематит** | 9 |
| 40 47 | 0,653 | 1,480 | (1,342) | **Анортит** | 3½ |
| 40 49 | 0,654 | 1,479 | (1,341) | **Магнетит** | 9 |
| 40 52 | 0,654 | 1,478 | (1,340) | **Оливин** | 8 |
| 41 46 | 0,666 | 1,452 | 1,316 | № 20 | 2 |
| 41 36 | 0,664 | 1,457 | (1,320) | **Альбит** | 4½ |
| 41 47 | 0,666 | 1,451 | (1,316) | **Лабрадор** | 5 |
| 41 48 | 0,667 | 1,451 | (1,315) | Анортит | 2½ |

| $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | Название минерала | $I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 41°54' | 0,668 | 1,448 | (1,313) | **Гематит** | 9 |
| 41 55 | 0,668 | 1,448 | (1,312) | Волластонит | 5 |
| 43 02 | 0,682 | 1,417 | 1,284 | № 21 | 3 |
| 42 54 | 0,681 | 1,421 | (1,288) | Гиперстен | 2 |
| 42 55 | 0,681 | 1,420 | (1,287) | Лабрадор | 1½ |
| 43 00 | 0,682 | 1,418 | 1,285 | **Диопсид** | 9 |
| 43 13 | 0,685 | 1,412 | (1,280) | **Авгит** | 10 |
| 44 38 | 0,703 | 1,376 | 1,248 | № 22 | 2 |
| 44 38 | 0,703 | 1,376 | (1,248) | Лабрадор | 3 |
| 44 44 | 0,704 | 1,374 | (1,245) | Альбит | 1 |
| 47 06 | 0,733 | 1,320 | 1,197 | № 23 | 3 |
| 46 56 | 0,730 | 1,324 | (1,200) | **Авгит** | 8 |
| 47 00 | 0,731 | 1,322 | (1,199) | **Диопсид** | 8 |
| 47 02 | 0,732 | 1,322 | (1,198) | Альбит | 1½ |
| 47 14 | 0,734 | 1,317 | (1,194) | Анортит | 1½ |
| 49 16 | 0,759 | 1,276 | 1,157 | № 24 | 3 |
| 49 07 | 0,756 | 1,279 | (1,159) | Благородная шпинель | 3 |
| 49 09 | 0,756 | 1,278 | (1,159) | Альбит | 3 |
| 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | **Авгит** | 6 |
| 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | **Магнетит** | 5 |
| 49 22 | 0,759 | 1,274 | 1,156 | Анортит | 1½ |
| 52 35 | 0,794 | 1,218 | 1,104 | № 25 | 3 |
| 52 37 | 0,795 | 1,217 | (1,103) | **Лабрадор** | 4½ |
| 62 26 | 0,886 | 1,091 | 0,989 | № 26 | 5 |
| 62 24 | 0,886 | 1,091 | (0,991) | **Магнетит** | 8 |
| 62 26 | 0,886 | 1,091 | (0,989) | Волластонит | 4 |
| 62 32 | 0,887 | 1,090 | (0,988) | Альбит | 1 |
| 64 40 | 0,904 | 1,070 | 0,970 | № 27 | 6 |
| 64 33 | 0,903 | 1,071 | (0,971) | **Авгит** | 10 |
| 64 36 | 0,903 | 1,071 | (0,970) | **Диопсид** | 10 |

относительные интенсивности $I$ и №№ линий по таблице 38 дебаеграммы каменного литья, а под ним выписаны названия минералов, имеющих линии с близкими соответственными величинами, которые даны наряду с относительными интенсивностями этих линий рядом с названием минерала. При этом выписывались только те линии эталонных дебаеграмм, для которых углы отблеска $\theta$ не уклонялись больше, чем на 10′ от углов отблеска для линий дебаеграмм каменного литья. 20-ти минутный предел значительно превышает величины допустимых ошибок при определении угла отблеска $\theta$ для линий дебаеграммы каменного литья и был выбран для того, чтобы показать, что даже при таком широком пределе, вследствие большего различия эталонных дебаеграмм минералов, далеких по химическому составу или структуре, для некоторых минералов будем иметь много линий, не попадающих в эти пределы.

Попутно с составлением таблицы 39, содержащей линии эталонных дебаеграмм минералов, близко совпадающие с линиями дебаеграммы каменного литья, выписывались те линии характерных комплексов эталонных дебаеграмм, для которых углы отблеска $\theta$, $\sin\theta$ и величины $d/n$ попадают между 20-минутными пределами в углах отблеска $\theta$ для двух соседних линий дебаеграммы каменного литья.

Эти линии характерных комплексов минералов приведены на таблице 40. Для каждой линии здесь помимо относительной интенсивности $I$ даны также углы отблеска $\theta$, $\sin\theta$ и величины $d/n$ расстояний между плоскими сетками.

Из рассмотрения таблицы 40 видно, что для эталонных дебаеграмм минералов благородной шпинели, гематита, оливина, гиперстена и волластонита большая часть линий характерных комплексов не совпадает с линиями дебаеграммы каменного литья. Отсюда можно вывести заключение, что указанные минералы отсутствуют, или имеются в крайне незначительном количестве в исследуемом образце каменного литья. Тем более, что для того, чтобы категорически заключать об отсутствии какого либо минерала в исследуемой смеси, достаточно, чтобы одна наиболее интенсивная линия данного минерала отсутствовала на дебаеграмме смеси. Линии же вышеуказанных минералов, упоминающиеся в таблице 39 и близко совпадающие с линиями дебаеграммы каменного литья, имеют совпадения чисто случайного характера.

Остальные минералы мы рассмотрим в отдельности.

**Магнетит.** 9 линий характерного комплекса магнетита совпадают с линиями дебаеграммы каменного литья вполне удовлетворительно. Одна же линия (см. табл. 40) характерного комплекса магнетита не имеет соответствующей ей линии на дебаеграмме каменного литья. Эта линия дебаеграммы магнетита имеет большой угол отблеска и располагается на краю дебаеграммы, в участке, в котором на дебаеграмме каменного литья имеется большая вуаль. Вследствие сильной вуали упомянутая линия могла не быть обнаруженной, тем более, что интенсивность ее — 6 баллов.

Из линий дебаеграммы магнетита, не относящихся к характерному комплексу, только одна имеет соответствующую ей линию на дебаеграмме каменного литья.

**Диопсид и авгит.** При раскристаллизации расплава диабаза можно было ожидать появления одного из этих минералов. Как уже было упомянуто, эталонные дебаеграммы этих двух минералов очень сходны. Определенно решить вопрос о том, присутствуют ли в каменном литье диопсид или авгит, — очень трудно. С одной стороны, для диопсида три линии характерного комплекса не совпадают с линиями дебаеграммы каменного литья, для авгита же только одна (табл. 40). Но, с другой стороны, линии диопсида ближе совпадают с линиями каменного литья, чем линии авгита. Большая вероятность все же имеется для диопсида, так как линии характерного комплекса его, не совпадающие с линиями дебаеграммы каменного литья, являются наиболее слабыми.

**Плагиоклазы.** При раскристаллизации каменного литья ожидалось появление какого-либо одного типа плагиоклаза. Из дебаеграмм альбита, лабрадора и анортита дебаеграмма лабрадора имеет лучшее совпадение с дебаеграммой каменного литья. Во-первых, потому, что большее количество линий характерного комплекса (см. табл. 40) лабрадора имеет совпадение, и, во-вторых, линии лабрадора ближе совпадают с линиями дебаеграммы каменного литья, чем линии дебаеграмм аль-

Таблица 40

| $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | Благородная шпинель | | |
| 6 | 19°44′ | 0,338 | 2,864 | (2,596) |
| 9 | 28 36 | 0,479 | 2,020 | (1,831) |
| 9 | 38 33 | 0,623 | 1,552 | (1,407) |
| 10 | 42 39 | 0,678 | 1,427 | (1,294) |
| 7 | 51 46 | 0,786 | 1,231 | (1,116) |
| 6 | 56 01 | 0,829 | 1,166 | (1,057) |
| 5 | 58 44 | 0,855 | 1,131 | (1,025) |
| 6 | 63 32 | 0,895 | 1,080 | (0,979) |
| 10 | 66 44 | 0,919 | 1,053 | (0,954) |
| | | Магнетит | | |
| 6 | 67°29′ | 0,924 | 1,047 | (0,949) |
| | | Гематит | | |
| 10 | 20°59′ | 0,358 | 2,700 | (2,448) |
| 10 | 22 34 | 0,384 | 2,520 | (2,284) |
| 6 | 26 05 | 0,440 | 2,199 | (1,994) |
| 10 | 34 57 | 0,573 | 1,688 | (1,530) |
| 5 | 37 20 | 0,606 | 1,595 | (1,445) |
| 5 | 47 43 | 0,740 | 1,307 | (1,185) |
| 6 | 61 25 | 0,878 | 1,101 | (0,998) |
| | | Оливин | | |
| 8 | 23°05′ | 0,392 | 2,466 | (2,236) |
| 8 | 25 19 | 0,427 | 2,261 | (2,050) |
| 10 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,580) |
| 6 | 40 18 | 0,647 | 1,495 | 1,356 |
| 8 | 43 57 | 0,695 | 1,393 | (1,263) |
| 7 | 45 49 | 0,717 | 1,349 | (1,222) |
| 10 | 68 50 | 0,933 | 1,037 | 0,940 |
| | | Диопсид | | |
| 6 | 17°15′ | 0,297 | 3,26 | (2,96) |
| 7 | 33 41 | 0,555 | 1,744 | (1,580) |
| 7 | 49 04 | 0,755 | 1,280 | (1,160) |
| | | Авгит | | |
| 6 | 28°39′ | 0,479 | 2,017 | (1,828) |
| | | Гиперстен | | |
| 8 | 19°33′ | 0,335 | 2,890 | (2,619) |
| 5 | 22 56 | 0,390 | 2,482 | 2,249 |
| 5 | 39 18 | 0,633 | 1,527 | (1,384) |
| 8 | 40 35 | 0,651 | 1,486 | (1,347) |
| 6 | 44 08 | 0,696 | 1,389 | (1,259) |
| 5 | 47 53 | 0,742 | 1,306 | 1,184 |
| | | Волластонит | | |
| 5 | 14°28′ | 0,250 | 3,87 | 3,51 |
| 8 | 17 01 | 0,293 | 3,30 | 3,00 |
| 10 | 19 03 | 0,326 | 2,963 | (2,685) |
| 6 | 26 32 | 0,447 | 2,165 | (1,962) |
| 6 | 37 21 | 0,607 | 1,594 | (1,445) |
| 6 | 41 04 | 0,657 | 1,471 | (1,334) |
| 6 | 45 32 | 0,714 | 1,355 | (1,288) |
| 5 | 55 46 | 0,827 | 1,170 | (1,060) |
| | | Альбит | | |
| 5 | 19°05′ | 0,327 | 2,958 | (2,681) |
| $4^1/_2$ | 30 50 | 0,513 | 1,887 | (1,710) |
| 5 | 45 54 | 0,718 | 1,347 | (1,221) |
| 5 | 52 12 | 0,790 | 1,224 | (1,109) |
| | | Лабрадор | | |
| 4 | 19°09′ | 0,328 | 2,948 | (2,672) |
| 5 | 45 55 | 0,718 | 1,346 | (1,220) |
| | | Анортит | | |
| $3^1/_2$ | 19°09′ | 0,328 | 2,948 | (2,672) |
| 5 | 22 40 | 0,385 | 2,509 | (2,274) |
| 3 | 32 33 | 0,538 | 1,797 | (1,629) |
| 3 | 56 00 | 0,829 | 1,166 | (1,057) |

Таблица 41

| №№ | Каменное литье | | | | | Магнетит | | | | | Диопсид | | | | | Лабрадор | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ | $I$ | $\theta$ | $\sin\theta$ | $\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\cdot\sin\theta}$ | $\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\cdot\sin\theta}$ |
| 1 | 3 | 13°35′ | 0,235 | 4,12 | 3,73 | | | | | | | | | | | 3 | 13°32′ | 0,234 | 4,13 | (3,750) |
| 2 | 3 | 14 42 | 0,254 | 3,81 | 3,45 | | | | | | | | | | | $2^1/_2$ | 14 41 | 0,253 | 3,82 | (3,46) |
| 3 | 2 | 15 45 | 0,271 | 3,56 | 3,23 | | | | | | | | | | | $3^1/_2$ | 15 49 | 0,273 | (3,55) | 3,22 |
| 4 | 4 | 16 36 | 0,286 | 3,38 | 3,07 | | | | | | | | | | | $1^1/_2$ | 16 32 | 0,285 | 3,40 | (3,08) |
| 5 | 10 | 17 27 | 0,300 | 3,22 | 2,92 | | | | | | | | | | | **10** | 17 27 | 0,300 | 3,22 | (2,92) |
| 6 | 8 | 18 49 | 0,322 | 3,00 | 2,72 | **6** | 18°52′ | 0,323 | 2,99 | (2,71) | **10** | 18°48′ | 0,322 | 3,00 | (2,72) | | | | | |
| 7 | 2 | 20 06 | 0,344 | 2,814 | 2,550 | **5** | 20 09 | 0,344 | (2,807) | 2,544 | 5 | 20 12 | 0,345 | (2,801) | 2,538 | | | | | |
| 8 | 10 | 22 27 | 0,382 | 2,532 | 2,295 | **10** | 22 22 | 0,381 | 2,541 | (2,303) | **10** | 22 32 | 0,383 | 2,523 | (2,287) | **5** | 22 26 | 0,382 | 2,534 | (2,297) |
| 9 | 2 | 23 22 | 0,397 | 2,438 | 2,210 | 3 | 23 28 | 0,398 | 2,428 | (2,201) | | | | | | $^1/_2$ | 23 16 | 0,395 | (2,448) | 2,219 |
| 10 | 3 | 27 02 | 0,455 | 2,128 | 1,930 | | | | | | 5 | 27 02 | 0,455 | 2,128 | (1,929) | $3^1/_2$ | 27 01 | 0,454 | 2,129 | (1,930) |
| 11 | 3 | 27 23 | 0,460 | 2,103 | 1,906 | **7** | 27 27 | 0,461 | 2,098 | (1,901) | | | | | | $4^1/_2$ | 27 20 | 0,459 | 2,160 | (1,909) |
| 12 | 3 | 28 22 | 0,475 | 2,035 | 1,845 | | | | | | 3 | 28 20 | 0,475 | 2,038 | (1,847) | | | | | |
| 13 | 3 | 31 57 | 0,529 | 1,827 | 1,656 | | | | | | 4 | 31 56 | 0,529 | 1,828 | (1,657) | **5** | 32 01 | 0,530 | 1,824 | (1,653) |
| 14 | 4 | 33 10 | 0,547 | 1,768 | 1,602 | | | | | | | | | | | **5** | 33 12 | 0,548 | 1,766 | (1,601) |
| 15 | 2 | 34 26 | 0,565 | 1,710 | 1,550 | **5** | 34 26 | 0,565 | 1,710 | (1,550) | | | | | | $1^1/_2$ | 34 24 | 0,565 | 1,712 | (1,552) |
| 16 | 7 | 36 47 | 0,599 | 1,615 | 1,464 | | | | | | **10** | 36 45 | 0,598 | 1,616 | (1,465) | | | | | |
| 17 | 7 | 36 53 | 0,600 | 1,611 | 1,461 | **9** | 36 51 | 0,600 | 1,612 | (1,462) | | | | | | | | | | |
| 18 | 2 | 38 56 | 0,628 | 1,539 | 1,395 | | | | | | | | | | | $1^1/_2$ | 39 06 | 0,631 | 1,533 | (1,390) |
| 19 | 9 | 40 49 | 0,654 | 1,479 | 1,341 | **9** | 40 49 | 0,654 | 1,479 | (1,341) | | | | | | | | | | |
| 20 | 2 | 41 46 | 0,666 | 1,452 | 1,316 | | | | | | | | | | | **5** | 41 47 | 0,666 | 1,451 | (1,316) |
| 21 | 3 | 43 02 | 0,682 | 1,417 | 1,284 | | | | | | **9** | 43 00 | 0,682 | 1,418 | 1,285 | $1^1/_2$ | 42 55 | 0,681 | 1,420 | (1,287) |
| 22 | 2 | 44 38 | 0,703 | 1,376 | 1,248 | | | | | | | | | | | **3** | 44 38 | 0,703 | 1,376 | (1,248) |
| 23 | 3 | 47 06 | 0,733 | 1,320 | 1,197 | | | | | | **8** | 47 00 | 0,731 | 1,322 | 1,199 | | | | | |
| 24 | 3 | 49 16 | 0,759 | 1,276 | 1,157 | **5** | 49 15 | 0,758 | 1,277 | (1,157) | | | | | | | | | | |
| 25 | 3 | 52 35 | 0,794 | 1,218 | 1,104 | | | | | | | | | | | $4^1/_2$ | 52 37 | 0,795 | 1,217 | (1,103) |
| **26** | **5** | **62 26** | **0,886** | 1,091 | 0,989 | **8** | **62 24** | **0,886** | 1,091 | (0,991) | | | | | | | | | | |
| **27** | **6** | **64 40** | **0,904** | 1,070 | 0,970 | | | | | | **10** | **64 36½** | **0,903** | 1,071 | (0,970) | | | | | |

бита или анортита. На этом основании можно утверждать, что в каменном литье присутствовал лабрадор.

После того как из рассмотрения табл. 39 и 40 установлено, что магнетит, диопсид и лабрадор присутствуют в образце каменного литья, важно выяснить, все ли линии дебаеграммы каменного литья объясняются с помощью этих трех минералов. Для решения этого вопроса приведена таблица 41, где показано сравнение линий дебаеграммы каменного литья с линиями дебаеграмм магнетита, диопсида и лабрадора.

Из рассмотрения таблицы 41 видно, что для всех линий дебаеграммы каменного литья имеются соответственные по своему положению линии магнетита, диопсида и лабрадора. В распределении относительных интенсивностей линий имеются небольшие неувязки. Именно — линия № 4 имеет относительную интенсивность 4 балла, в то время как соответствующая ей по положению линия лабрадора — $1^1/_2$; точно так же линии каменного литья № 18 с относительной интенсивностью 2 соответствует более слабая линия лабрадора с интенсивностью $1^1/_2$ балла. Кроме того с линиями № 1 и № 12 совпадают линии лабрадора и диопсида, имеющие равную с ними интенсивность. Повидимому, эти четыре линии не объясняются целиком вышеуказанными совпадениями, так как, вообще говоря, относительная интенсивность линий эталонной дебаеграммы данного минерала будет всегда выше, чем интенсивность линий его на дебаеграмме смеси, если он присутствует в смеси в подчиненном количестве. Таким образом небольшое повышение относительной интенсивности этих четырех линий, вероятно, обусловливается присутствием в образце каменного литья незначительного количества какого-то минерала, не рассмотренного в настоящей работе.

Эти линии являются слабыми по интенсивности по сравнению с другими линиями дебаеграммы каменного литья и не могут служить основанием для того, чтобы сомневаться в правильности расшифровки состава литья, но могут лишь свидетельствовать о том, что анализ минералогического состава каменного литья является неполным. Это лишний раз говорит о том, что исследователь, занимающийся минералогическим анализом смеси с помощью дебаеграмм, должен иметь в своем распоряжении возможно большее количество эталонных дебаеграмм.

Таблица 42

| Состав | %% вес |
|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 50,21 |
| $TiO_2$ . . . . . | 2,82 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 12,96 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 6,49 |
| FeO . . . . . | 10,13 |
| MgO . . . . . | 5,26 |
| CaO . . . . . | 8,51 |
| Сумма $Na_2O + K_2O$: | |
| Расчет по $Na_2O$ . . | 3,37 |
| Расчет по $K_2O$ . . . | 4,01 |
| П. п. п. . . . . | 0,50 |
| Сумма . . . . . | 100,25 |
| или . . . . . | 100,89 |

Аналитик Свержинская

## 4. Химический анализ исследуемого образца каменного литья

Произведенный химический анализ исследуемого образца каменного литья дал следующий состав (таблица 42).

Анализ показывает большое количество $TiO_2$, которое, однако, не выходит за пределы возможного содержания этого окисла в породах типа габбро. При определении щелочных окислов определялась лишь сумма $Na_2O + K_2O$.

В таблице 42 даны две величины содержания щелочей — одна в предположении присутствия лишь $Na_2O$, другая — при наличии лишь $K_2O$. При кристаллизации каменного литья ожидалось появление натриевых полевых шпатов — средних или основных плагиоклазов, которые всегда содержат незначительные примеси $K_2O$. При пересчете этого анализа на нормативный минералогический состав мы считали, что щелочные окислы представлены лишь $Na_2O$, пренебрегая возможной небольшой примесью $K_2O$. Пересчет химического анализа каменного литья на нормативный минералогический состав приведен на таблице 43.

Альбит и анортит, повидимому, присутствуют в виде плагиоклаза. В таком случае он должен иметь № 42. (Андезин-лабрадор)

Таблица 48

**Пересчет химического анализа каменного литья на нормативный минералогический состав**

| Состав | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | FeO | MgO | CaO | $Na_2O$ | Сумма | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Процентный вес . . . . | 50,21 | 3,82 | 12,96 | 6,49 | 10,13 | 5,26 | 8,51 | 3,37 | 99,75 | — | — |
| Молекулярный вес . . | 60,06 | 79,90 | 101,94 | 159,68 | 71,84 | 40,32 | 56,08 | 61,99 | — | — | — |
| Молекулярн. количества . | 8360 | 353 | 1271 | 406 | 1410 | 1304 | 1517 | 544 | — | — | — |
| | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | FeO | MgO | CaO | $Na_2O$ | Молекулярн. количества | Молекулярный вес | Процентный состав |
| Альбит . . . . | 3264 | — | 544 | — | — | — | — | 544 | 0,0544 | 524,3 | 28,52 |
| Анортит . . . | 1454 | — | 737 | — | — | — | 727 | — | 0,0727 | 278,1 | 20,22 |
| Диопсид . . . | 1580 | — | — | — | — | 790 | 790 | — | 0,0790 | 216,5 | 17,10 |
| Магнетит . . | — | — | — | 406 | 406 | — | — | — | 0,0406 | 231,5 | 9,40 |
| Ильменит . . | — | 353 | — | — | 353 | — | — | — | 0,0353 | 151,7 | 5,35 |
| Феррисиликат | 651 | — | — | — | 651 | — | — | — | 0,0651 | 131,9 | 8,60 |
| Магнезиальный силикат | 514 | — | — | — | — | 514 | — | — | 0,0514 | 100,4 | 5,16 |
| Кварц . . . . | 897 | — | — | — | — | — | — | — | 0,0897 | 60,0 | 5,40 |
| | | | | | | | | | | п. п. п. | 99,75<br>0,50 |
| | | | | | | | | | | Сумма | 100,25 |

Для ферри- и магнезио-силикатов отношение $\frac{MgO}{FeO} = \frac{651}{514}$ близко к единице, таким образом их совместный состав близок к гиперстену.

Предполагавшееся при раскристаллизации каменного литья появление оливина отвергается химическим анализом, так как при пересчете результатов химического анализа на минералогический состав наблюдается избыток $SiO_2$.

Появление гематита могло ожидаться лишь при значительном содержании $Fe_2O_3$, повидимому все количество $Fe_2O_3$ связывается в виде магнетита.

Таким образом при сравнении рентгеновских данных с результатами химического анализа можно заключить, что выводы о минералогическом составе про-

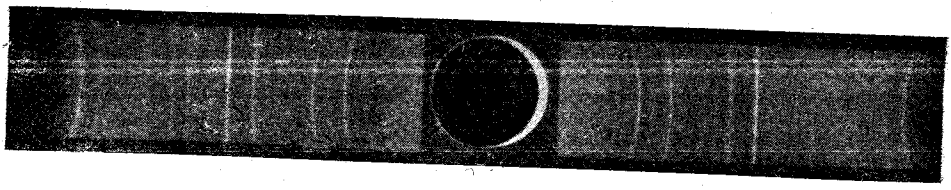


Рис. 28. Благородная шпинель.

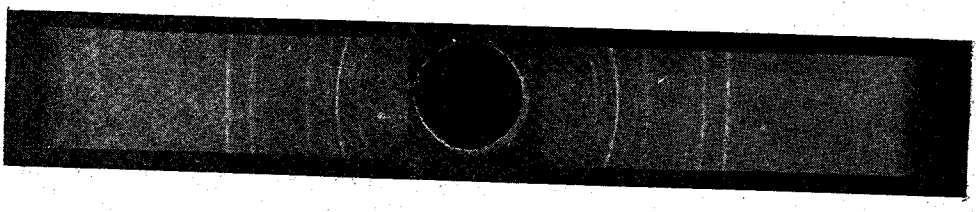


Рис. 29 Магнетит

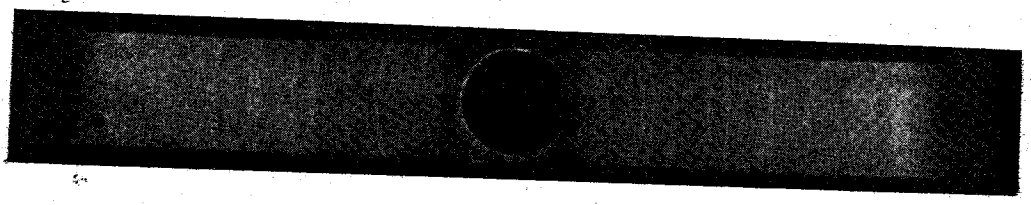


Рис. 30. Гематит.

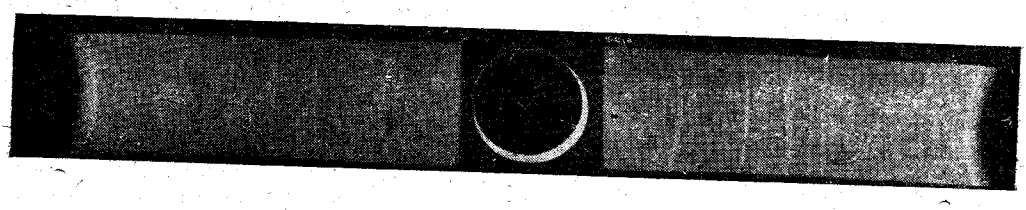


Рис. 31. Оливин.

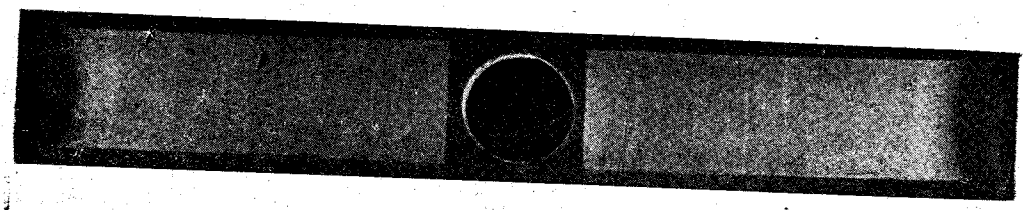


Рис. 32. Диопсид.

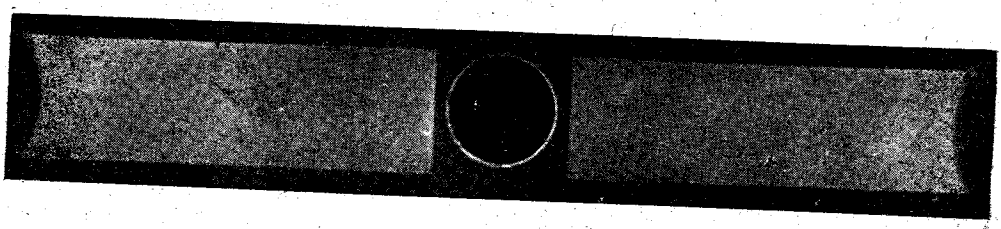


Рис. 33. Авгит.

дукта каменного литья, сделанные на основе дебаеграмм, не противоречат химическому анализу.

Выше из сравнения дебаеграмм было установлено отсутствие гиперстена На этом основании можно считать, что ферри- и магнезио-силикаты (табл. 43)

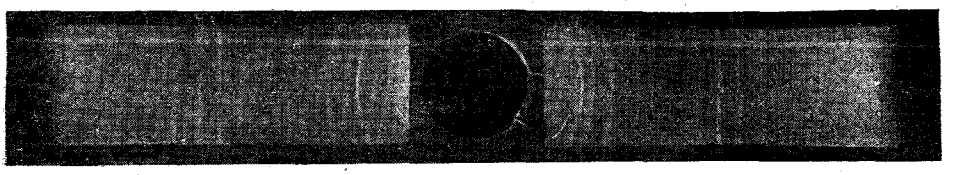


Рис. 34. Гиперстен.

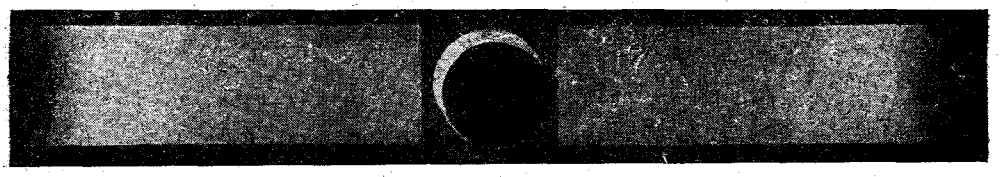


Рис. 35. Волластонит.

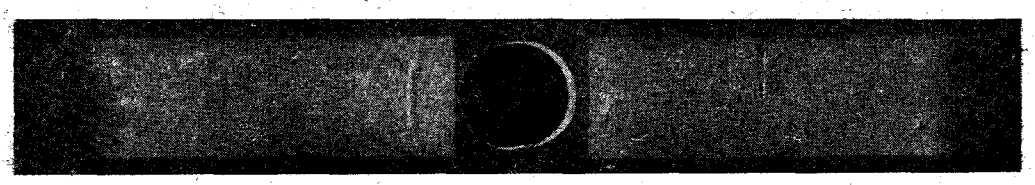


Рис. 36. Альбит.

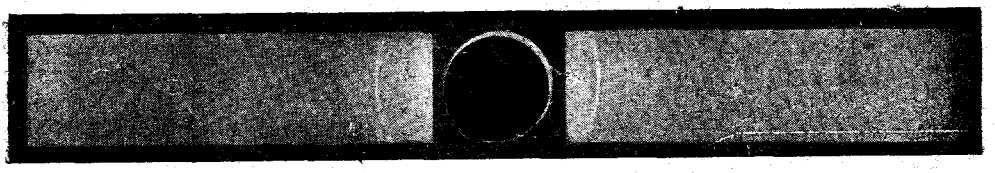


Рис. 37. Лабрадор.

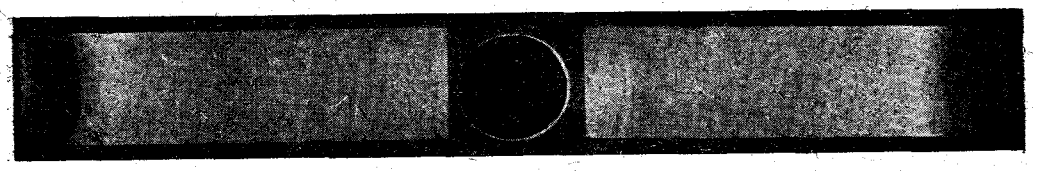


Рис. 38. Анортит.

входят в состав стеклообразной массы, которая при просмотре шлифов исследуемого образца каменного литья была констатирована в значительном количестве. Возможно также, что в стеклообразную массу входит часть перекристаллизованного плагиоклаза. Получившийся при пересчете избыток $SiO_2$, вероятно, также входит в состав стеклообразной массы образца.

## VII. СРАВНЕНИЕ НАШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЭТАЛОННЫХ ДЕБАЕГРАММ С ЛИТЕРАТУРНЫМИ ДАННЫМИ ДЛЯ НИХ

Несмотря на то, что минералы, выбранные для изучения в настоящей работе, подвергались многочисленным рентгенометрическим исследованиям и для всех этих минералов с большой точностью произведены определения структур, найти в литературе данные для положения линий на дебаеграмме того или иного минерала в большинстве случаев было невозможно. Обычно при определении структуры исследователь пользуется данными лауэграмм, гирограмм (диаграмм вращения кристалла) или данными измерения отражений рентгеновых лучей от кристалла на спектрометре; дебаеграммы же для этих целей применяются сравнительно редко. Данные, приводящиеся в работах по определению структур, вследствие того, что они большею частью охватывают лишь отражения от плоских сеток, параллельных координатным осям кристалла, могут быть сравнены с данными дебаеграмм лишь частично, так как на последней фиксируются наиболее интенсивные отражения от плоских сеток, как параллельных координатным осям, так и косо к ним расположенных. В качестве примера здесь можно привести благородную шпинель: структура шпинели была определена W. H. Bragg (15) и S. Nishikawa (16) еще в 1914 г., и лишь в 1928 г. появилась работа E. A. Posnjak (28) по определению межплоскостных расстояний решетки шпинели. E. A. Posnjak в этой работе отмечает вышеуказанное обстоятельство и говорит, что „несмотря на то, что структура шпинели хорошо известна, отсутствуют данные в отношении размеров самой решетки шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$ — ни W. H. Bragg, ни S. Nishikawa не определяли их. Эти данные приведены в настоящей работе для целей сравнения с другими веществами, структура которых исследуется". Придавая большое значение дебаеграммам в деле идентификации минералов и определений структур, E. A. Posnjak нашел необходимым опубликовать работу, посвященную определению межплоскостных расстояний шпинели.

В некоторых случаях, несмотря на то, что работы по рентгенометрическому исследованию тех или иных минералов базируются на данных дебаеграмм, авторы ограничиваются лишь общими выводами, не сообщая фактических наблюдений (например работа R. W. G. Wyckoff, H. E. Merwin and H. S. Washington (24) о пироксенах). В этих случаях непосредственных сравнений дебаеграмм произвести нельзя. Сюда же должна быть отнесена работа B. E. Warren and I. Biscoe (29) о структуре моноклинных пироксенов, в которой, хотя и приведены величины $\sin\theta$, авторы не указывают длины волны применявшегося излучения рентгеновых лучей.

Лишь сравнительно редко можно было найти работы, в которых приводились бы данные для положения и относительных интенсивностей линий на дебаеграмме. Вследствие этого, к сожалению, произвести полное сравнение наших данных с данными других авторов не удалось.

**Благородная шпинель.** Кристаллы благородной шпинели подвергались многочисленным рентгенометрическим исследованиям, имевшим различный характер. В большинстве этих работ приводятся лишь величины ребра элементарной ячейки структуры шпинели; значительно реже в специальных работах некоторых авторов приводятся данные для величин межплоскостных расстояний $d/n$, при которых наступают максимумы интерференции, и фотографии дебаеграмм.

Ниже в таблице 44 приведены величины $a_w$ для благородной шпинели, полученные различными авторами. Здесь в колонке, следующей за величиной $a_w$, указаны происхождения кристаллов, подвергшихся исследованию. Далее указана фамилия автора со ссылкой на оригинальную работу.

Фотографии дебаеграмм шпинели, приведенные в работе F. Rinne (30) и P. F. Kerr (31), совершенно сходны с полученной нами дебаеграммой шпинели.

Наконец, мы можем здесь привести сравнение величин межплоскостных расстояний $d/n$, полученных нами для благородной шпинели, с анологичными величинами, полученными различными авторами, исследовавшими шпинель значительно раньше.

На таблице 45 в первых колонках приведены индексы плоских сеток благородной шпинели, дающих отражения, интенсивности линией $I$ и величины $d/n$, полученные

нами; в последующих колонках приведены аналогичные данные, найденные другими авторами, при этом вверху колонки приведены фамилии авторов и указания на их работы. В трех последних колонках этой таблицы даны расхождения в величинах $d/n$, полученных различными авторами для каждой линии порошкограммы благородной шпинели.

Таблица 44

| №№ | Ребро куба элементарной ячейки $a_w$ | Происхождение образца | Фамилия автора | Год исследования |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,07 | ? | W. H. Bragg (15) | 1915 |
| 2 | 8,10 | Красная шпинель, Цейлон . . . | S. Holgersson (17) | 1927 |
| 3 | 8,10 | Синяя шпинель, Åker . . . . . | | |
| 4 | 8,09 | Искусственная шпинель . . . . | | |
| 5 | 8,04 | Шпинель, Цейлон . . . . . | F. Rinne (30) | 1928 |
| 6 | 8,02 | Синтетическая шпинель . . . . | | |
| 7 | 8,03 ± 0,01 | Синтетическая шпинель . . . . | E. Posnjak (28) | 1928 |
| 8 | 8,04 | Шпинель, Цейлон . . . . . | P. F. Kerr (31) | 1929 |
| 9 | 8,00 | Синтетическая шпинель . . . . | | |
| 10 | 8,08 ± 0,01 | Шпинель, Цейлон . . . . . | F. Machatschki (32) | 1931 |
| 11 | 8,05 (9) | Синтетическая шпинель . . . . | H. Hauptman u. I. Nowak (33) | 1932 |
| 12 | 8,070 | Синтетическая шпинель . . . . | E. Kordes (34) | 1935 |
| 13 | 8,08 (1) | Шпинель, Ферганская область, Средняя Азия . . . . . | наши данные | 1935 |

При просмотре таблицы 45 прежде всего видно, что в колонке с нашими данными отсутствуют линии с малыми величинами $d/n$; это объясняется различными условиями съемки,—именно, нами применялись рентгеновы лучи с большей длиной волны $\lambda_a\text{Fe} = 1.934$ Å, чем те, которые были использованы E. Posnjak и P. F. Kerr — $\lambda_a\text{Mo} = 0{,}710$ Å. Приведенные в трех последних колоннах таблицы 45 величины расхождений показывают, что наши данные для $d/n$ по абсолютной величине везде больше величин $d/n$, полученных P. F. Kerr и E. Posnjak и при этом ближе подходят к данным P. F. Kerr. Это обусловливается различием в величине ребра элементарной ячейки (см. таблицу 44).

Последняя колонка таблицы 45, дающая расхождение в величинах $d/n$, полученных P. F. Kerr и E. Posnjak, показывает, что величины $d/n$, приведенные P. F. Kerr, при малой сумме $h^2+k^2+l^2$ больше величин $d/n$, которые дает E. Posnjak, а при больших суммах $h^2+k^2+l^2$ становятся меньше величин E. Posnjak. Такое расхождение не может быть обусловлено различием в величине параметра ячейки и является следствием неточности примененных авторами методов (вероятнее всего—способ введения поправок). Последнее относится, повидимому, к данным E. Posnjak, так как сравнение наших данных с данными P. F. Kerr не обнаруживает вышеуказанного недостатка.

Наконец, наблюдаются расхождения в определении относительных интенсивностей линий дебаеграмм шпинели. Во всех случаях определение относительной интенсивности производилось визуально на десятибалльной шкале. При таком способе определения интенсивности допустимы различия в оценке относительных интенсивностей отдельных линий, однако указанный способ безусловно должен выражать характер изменения относительной интенсивности при переходе от одной линии к другой. Последнее имеет место во всех трех колонках таблицы 45.

**Магнетит.** Несмотря на многочисленную литературу по рентгенометрическому исследованию магнетита, нам не удалось найти большого количества работ, содержащих данные для положения линий на дебаеграмме магнетита. Приводящиеся в большинстве работ величины параметра элементарной ячейки магнетита достаточно удовлетворительно согласуются с величиной $a_w = 8{,}396$ Å, найденной нами из дебаеграммы магнетита. Ниже на таблице 46 приведены для сравнения величины ребра кубической элементарной ячейки магнетита, найденные различными авторами.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

Таблица 45

**Сравнение величин $d/n$ и относительной интенсивности $I$ для линий дебаеграммы благородной шпинели по данным различных авторов**

| №№ | hkl | Наши данные | | Posnjak (28) 1928 г. | | Kerr (31) 1929 г. | | Machatschki (32) 1931 г. | | Расхождения в величинах $d/n$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $I$ | $d/n$ | $I$ | $d/n$ | $I$ | $d/n$ | $I$ | $d/n$ | Михеев—Posnjak | Михеев—Kerr | Kerr—Posnjak |
| 1 | 111 | 3 | 4,66 | 6 | 4,60 | 4 | 4,66 | 6 | | —0,06 | ±0,00 | —0,06 |
| 2 | 220 | 2 | 2,864 | 6 | 2,835 | 5 | 2,86 | 5 | | —0,029 | —0,004 | —0,025 |
| 3 | 311 | 9 | 2,441 | 10 | 2,425 | 9 | 2,43 | 14 | | —0,016 | —0,011 | —0,005 |
| 4 | 222 | | | 0,5 | 2,320 | 0,25 | 2,33 | 1/2 | | | | —0,010 |
| 5 | 400 | 9 | 2,020 | 8 | 2,005 | 7 | 2,01 | 12 | | —0,015 | —0,010 | —0,005 |
| 6 | 422 | 5 | 1,648 | 2 | 1,638 | 2 | 1,642 | 3 1/2 | | —0,010 | —0,006 | —0,004 |
| 7 | 511 / 333 | 9 | 1,552 | 8 | 1,545 | 8 | 1,550 | 13 | | —0,007 | —0,002 | —0,005 |
| 8 | 440 | 10 | 1,427 | 9 | 1,420 | 10 | 1,410 | 30 | | —0,007 | —0,017 | +0,010 |
| 9 | 531 | | | 1 | 1,359 | 1 | 1,360 | 3 | | | | —0,001 |
| 10 | 620 | 3 | 1,279 | 1 | 1,268 | 1 | 1,270 | 1 1/2 | | —0,011 | —0,009 | —0,002 |
| 11 | 533 | 7 | 1,231 | 3 | 1,222 | 3 | 1,225 | 7 | | —0,009 | —0,006 | —0,003 |
| 12 | 444 | 6 | 1,166 | 2 | 1,159 | 1 | 1,160 | 7—8 | | —0,007 | —0,006 | —0,001 |
| 13 | 551 / 711 | 5 | 1,131 | 1 | 1,123 | 0,5 | 1,130 | 2 1/2 | | —0,008 | —0,001 | —0,007 |
| 14 | 642 | 6 | 1,080 | 2 | 1,071 | 1 | 1,070 | 4—5 | | —0,009 | —0,010 | +0,001 |
| 15 | 731 / 553 | 10 | 1,053 | 4 | 1,045 | 3 | 1,040 | 10 | | —0,008 | —0,013 | +0,005 |
| 16 | 800 | | | 3 | 1,003 | 1 | 1,000 | 6—7 | | | | +0,003 |
| 17 | 660 / 822 | | | 1 | 0,945 | 0,5 | 0,943 | 2—3 | | | | +0,002 |
| 18 | 555 / 751 | | | 3 | 0,928 | 1 | 0,919 | 9 | | | | +0,009 |
| 19 | 840 | | | 2 | 0,898 | 1 | 0,901 | 6 | | | | —0,003 |
| 20 | 931 | | | 2 | 0,842 | 1 | 0,842 | | | | | +0,000 |
| 21 | 844 | | | 4 | 0,820 | 2 | 0,817 | | | | | +0,003 |
| 22 | 862 / 10,20 | | | 1 | 0,788 | | | | | | | |
| 23 | 951 / 773 | | | 2 | 0,777 | 1 | 0,773 | | | | | +0,004 |
| 24 | 880 | | | | | 0,25 | 0,709 | | | | | |
| | | | | | | | | | | —0,015 | —0,007 | —0,008 |
| | | | | | | | | | | —0,053 | —0,017 | 0,070 |

Средняя величина разности

Максимальное расхождение разности

Таблица 46

| №№ | $a_w$ в Å | Происхождение образца | Автор и ссылка на литературу |
|---|---|---|---|
| 1 | 8,30 | ? | W. H. Bragg (15), 1915 |
| 2 | 8,375 | ? | R. W. G. Wickoff и E. D. Grittenden (35) 1925 |
| 3 | 8,400 | ? | A. Classen (36), 1926 |
| 4 | $8,40_0 \pm_3$ | Dalarna | S. Holgersson (17), 1927 |
| 5 | $8,41_2 \pm_3$ | Nordmarken, Värmland | S. Holgersson (17), 1927 |
| 6 | $8,41_7$ | Искусственный | S. Holgersson (17), 1927 |
| 7 | 8,396 | г. Благодать, Урал | Наши данные, 1935 |

На таблице 47 приведено сравнение относительной интенсивности $I$, линий и величин $d/n$ для дебаеграммы магнетита по данным различных авторов.

Таблица 47

**Сравнение относительной интенсивности $I$ линий и величин $d/n$ для дебаеграммы магнетита по данным различных авторов**

| №№ | $hkl$ | Наши данные | | R. W. G. Wyckoff and E. D. Grittenden (35) 1925 | | A. Classen (36) 1926 | | Расхождения | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $I$ | $\frac{d}{n}$ | $I$ | $\frac{d}{n}$ | $I$ | $\frac{d}{n}$ | В. И. Михеев — R. W. G. Wyckoff and E. D. Grittenden | В. И. Михеев — A. Classen | R. W. G. Wyckoff and E. D. Grittenden — A. Classen |
| 1 | 111 | | | | 4,828 | 64 | 4,857 | | | + 0,029 |
| 2 | 200 | 1 | 4,204 | | | | | | | |
| 3 | 220 | 6 | 2,988 | | 2,969 | 152 | 2,955 | — 0,019 | — 0,033 | — 0,014 |
| 4 | 311 | 10 | 2,541 | | 2,527 | 230 | 2,533 | — 0,014 | — 0,008 | + 0,006 |
| 5 | 222 | 3 | 2,428 | | | 120 | 2,427 | | — 0,001 | |
| 6 | 400 | 7 | 2,098 | | 2,091 | 258 | 2,097 | — 0,007 | — 0,001 | + 0,006 |
| 7 | 422 | 5 | 1,710 | | | | | | | |
| 8 | 511 | | | | | | | | | |
| | 333 | 9 | 1,612 | | | 181 | 1,618 | | + 0,006 | |
| 9 | 440 | 9 | 1,479 | | 1,4795 | 395 | 1,483 | — 0,0005 | + 0,004 | + 0,0035 |
| 10 | 620 | 3 | 1,325 | | | | | | | |
| 11 | 533 | 5 | 1,277 | | | | | | | |
| 12 | 622 | 2 | 1,264 | | | 134 | 1,266 | | + 0,002 | |
| 13 | 711 | | | | | | | | | |
| | 551 | 1 | 1,174 | | | | | | | |
| 14 | 642 | 4 | 1,119 | | 1,118 | | | — 0,001 | | |
| 15 | 731 | | | | | | | | | |
| | 553 | 8 | 1,091 | | 1,088 | | | — 0,003 | | |
| 16 | 800 | 6 | 1,047 | | 1,044 | 301 | 1,046 | — 0,003 | — 0,001 | + 0,002 |
| Средняя величина расхождения | | | | | | | | — 0,007 | 0,007 | 0,009 |
| Максимальные колебания в величинах расхождения | | | | | | | | — 0,019 | 0,039 | 0,043 |

При сравнении величин $\frac{d}{n}$, приведенных в таблице 47, видно, что для всех линий величины $\frac{d}{n}$, полученные различными авторами, имеют довольно близкие значения. Лишь для линий с большими значениями $\frac{d}{n}$ имеются сравнительно большие расхождения, не выходящие, однако, за пределы возможных ошибок, вызванных неточностью измерения.

Наши данные согласуются лучше с данными R. W. G. Wyckoff и E. D. Grittenden, чем с данными A. Classen. Наши данные для величин $\frac{d}{n}$ для всех отражений больше величин $\frac{d}{n}$, полученных R. W. G. Wyckoff и E. D. Grittenden, что объясняется различием в размерах элементарной ячейки магнетита (см. табл. 46). Последние же две колонки таблицы 47 показывают, что величины расхождений в $\frac{d}{n}$ В. И. Михеев — A. Classen и R. W. G. Wyckoff и E. D. Grittenden — A. Classen

имеют знак то $+$, то $-$. Особенно отчетливо выявляется это в средней колонке расхождений таблицы 47; при больших величинах $\frac{d}{n}$ данные A. Classen меньше данных В. И. Михеева, а при малых значениях $\frac{d}{n}$ имеется обратное соотношение. Изменение знака у расхождений не может быть вызвано различием в размерах элементарной ячейки (хотя это здесь и имеет место, табл. 46) и, повидимому, обусловливается несовершенством введения поправок у A. Classen.

**Гематит.** В таблице 11 были вычислены величины $a_{rh}$ ребра ромбоэдрической элементарной ячейки для каждой линии дебаеграммы гематита. Средняя величина $a_{rh} = 5{,}410$ Å удовлетворительно совпадает с найденной E. A. Harrington (3)

$$a_{rh} = 5{,}406 \text{ Å} \pm 0{,}005 \text{ Å}.$$

Ниже на таблице 48 приведено сравнение величин $\frac{d}{n}$ и относительных интенсивностей линий, приведенных для гематита в таблице 11, с аналогичными величинами, которые были даны E. A. Harrington (3). В последней колонке этой таблицы указаны расхождения между величинами $\frac{d}{n}$, найденными нами, и величинами $\frac{d}{n}$, приведенными E. A. Harrington.

Таблица 48

| Наши данные | | hkl | По Harrington | | Расхождения | Наши данные | | hkl | По Harrington | | Расхождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I$ | $\frac{d}{n}$ | | $I$ | $\frac{d}{n}$ | | $I$ | $\frac{d}{n}$ | | $I$ | $\frac{d}{n}$ | |
| 4 | 3,68 | 101 | 5 | 3,67 | $-0{,}010$ | 5 | 1,307 | 234 | 3 | 1,304 | $-0{,}003$ |
| 10 | 2,696 | 112 | 10 | 2,69 | $-0{,}006$ | 3 | 1,257 | $20\bar{2}$ | 2 | 1,253 | $-0{,}004$ |
| 10 | 2,518 | $10\bar{1}$ | 9 | 2,51 | $-0{,}008$ | 1 | 1,223 | 114 | 1 | 1,224 | $+0{,}001$ |
| 6 | 2,199 | 102 | 5 | 2,20 | $+0{,}001$ | 2 | 1,187 | 134 | 1 | 1,184 | $-0{,}003$ |
| 10 | 1,834 | 202 | 7 | 1,835 | $+0{,}001$ | 2 | 1,160 | 244 | 1 | 1,157 | $-0{,}003$ |
| 10 | 1,688 | 123 | 8 | 1,685 | $-0{,}003$ | 4 | 1,137 | 231 | 1 | 1,138 | $+0{,}001$ |
| 5 | 1,595 | 233 | 4 | 1,595 | $-0{,}000$ | 6 | 1,101 | 204 | 1 | 1,098 | $-0{,}003$ |
| 9 | 1,483 | $10\bar{3}$ | 7 | 1,480 | $-0{,}003$ | 4 | 1,053 | 285 | 1 | 1,052 | $-0{,}001$ |
| 9 | 1,448 | $11\bar{2}$ | 7 | 1,445 | $-0{,}003$ | Средняя величина расхождения | | | | | 0,003 |
| 2 | 1,344 | 224 | 1 | 1,345 | $+0{,}001$ | Максимальные колебания в величинах расхождений | | | | | 0,011 |

Из таблицы 48 видно, что величины $\frac{d}{n}$, найденные нами для гематита, удовлетворительно совпадают с $\frac{d}{n}$, которые приводит E. A. Harrington (3). Приведенные в последней колонке расхождения в большинстве имеют знак $-$, что указывает на то, что наши данные для величин $\frac{d}{n}$ большей частью больше таковых E. A. Harrington. Расхождения со знаком $+$ рассеяны по всей колонке и, повидимому, не зависят от величины $\frac{d}{n}$. Очень маленькая средняя величина расхождения $-0{,}003$ Å говорит о большом совпадении наших данных для $\frac{d}{n}$ с данными E. A. Harrington. В оценке относительных интенсивностей замечается различие, именно — значительное понижение относительных интенсивностей линий при малых величинах $\frac{d}{n}$, определенных E. A. Harrington, по сравнению с нашими. Оценку относитель-

ных интенсивностей E. A. Harrington также производил визуально по десятибалльной шкале, применяя для линий в области больших углов дробные, меньше единицы, значения относительных интенсивностей. Различие в относительных интенсивностях получилось, вероятно, вследствие различных условий съемки. Существенное отличие в условиях съемки состоит в различной величине камер. E. A. Harrington применял камеры значительно большего диаметра, вследствие чего получилась относительно бо́льшая вуаль на дебаеграмме в области больших углов отблеска, чем было вызвано вышеуказанное различие в оценке относительных интенсивностей линий в области больших углов отблеска.

**Оливин.** В работах Ch. Berndt (20) и W. Z. Bragg and G. B. Brown (21), посвященных определению структуры оливина, не приводится цифровых данных для положения линий на дебаеграмме.

На таблице 49 приведено сравнение величин $\frac{d}{n}$ и относительных интенсивностей $I$ для дебаеграммы оливина, полученных нами, с аналогичными данными H. Haraldsen (4). В последней колонке этой таблицы указаны расхождения между нашими данными и данными H. Haraldsen для величин $\frac{d}{n}$. Для оценки интенсивностей линий $I$ H. Haraldsen применяя пятибалльную шкалу: st. st. —очень сильная; st. —сильная, m. —средняя, s. —слабая и s. s. — очень слабая.

Обращаясь к самому сравнению, необходимо прежде всего отметить, что в колонке H. Haraldsen отсутствует целый ряд линий в области малых и больших углов отблеска — линий, которые располагаются близко к падающему пучку рентгеновых лучей. Это объясняется недостатками конструкции камер Дебая, применявшихся H. Haraldsen. Остальные недостающие линии как в наших данных, так и в данных H. Haraldsen имеют очень малую интенсивность и, возможно, не появлялись на дебаеграмме.

Повидимому, также к несовершенству условий съемки нужно отнести некоторое возрастание оценки относительной интенсивности для линий с малыми величинами $\frac{d}{n}$ у H. Haraldsen по сравнению с теми, которые наблюдались на дебаеграмме оливина, полученной нами.

Приведенная в конце таблицы 49 средняя величина расхождения 0,003 Å говорит о довольно хорошем совпадении цифровых данных для величин $\frac{d}{n}$.

**Диопсид.** В работе R. W. G. Wyckoff, H. E. Merwin и H. S. Washington (24), где авторы на основе дебаеграмм подразделяют пироксены в отношении структуры на типы, не приводится цифровых данных. В некоторых других работах по рентгенометрическому изучению пироксенов и в частности диопсида, как, например, R. W. G. Wyckoff и H. E. Merwin (22), B. Gossner и F. Spielberger (37), B. E. Warren и I. Biscoe (29), не содержится данных для положения линий на дебаеграмме диопсида.

B. E. Warren и W. Z. Bragg (23) в работе по определению структуры диопсида приводят величины $\sin\theta$ и величины $\varrho' \times 10^6$, характеризующие абсолютную интенсивность отражений для плоских сеток параллельных координатным осям; величины $\sin\theta$ были получены при $Rh$ — антикатоде — $\lambda_a Rh = 0{,}614$ Å; для сравнения их с нашими данными из величин $\sin\theta$ для родиевого антикатода были вычислены $\frac{d}{n}$ — расстояния между плоскими сетками. Сравнение найденных таким образом величин $\frac{d}{n}$ с нашими данными приведено во второй колонке таблицы 50. Мы не можем здесь привести сравнение для всех линий, найденных нами на дебаеграмме диопсида, потому что в работе B. E. Warren и W. Z. Bragg (23) приведены данные лишь для плоских сеток, параллельных координатным осям.

P. Z. Merrit (8) в работе по идентификации пироксенов с помощью дебаеграмм приводит величины $\frac{d}{n}$ — расстояний между плоскими сетками и относительные интенсивности линий дебаеграммы диопсида.

Таблица 49

**Сравнение величин $\frac{d}{n}$ и относительных интенсивностей *I* для дебаеграммы оливина, полученных нами с аналогичными данными по H. Haraldsen (4)**

| №№ | Наши данные | | H. Haraldsen | | Расхождения | №№ | Наши данные | | H. Haraldsen | | Расхождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *I* | $\frac{d}{n}$ | *I* | $\frac{d}{n}$ | | | *I* | $\frac{d}{n}$ | *I* | $\frac{d}{n}$ | |
| 1 | 1 | 3,98β | | | | 26 | 1 | 1,535 | s. s. | 1,536 | + 0,001 |
| 2 | 4 | 3,95 | | | | 27 | 6 | 1,495 | st. st. | 1,496 | + 0,001 |
| 3 | 2 | 3,79 | | | | 28 | 8 | 1,478 | st. st. | 1,476 | — 0,002 |
| 4 | 3 | 3,53 | | | | 29 | | | s. s. | 1,457 | |
| 5 | 2 | 2,792β | | | | 30 | 2 | 1,297 | s. s. | 1,295 | — 0,002 |
| 6 | 2 | 3,018 | s. s. | 3,016 | — 0,002 | 31 | 8 | 1,393 | st. st. | 1,390 | — 0,003 |
| 7 | 7 | 2,792 | m. | 2,763 | | 32 | 7 | 1,349 | st. st. | 1,348 | — 0,001 |
| 8 | 3 | 2,478β | | | | 33 | 6 | 1,314 | st. | 1,314 | ± 0,000 |
| 9 | 7 | 2,516 | st. | 2,515 | — 0,001 | 34 | 3 | 1,295 | m. | 1,293 | — 0,002 |
| 10 | 8 | 2,466 | st. | 2,461 | — 0,005 | 35 | 1 | 1,136β | s. s. | 1,139β | + 0,003 |
| 11 | 2 | 2,356 | s. s. | 2,377 | | 36 | | | s. s. | 1,238 | |
| 12 | | | s. s. | 2,320 | | 37 | | | s. s. | 1,207 | |
| 13 | 8 | 2,261 | s. | 2,261 | ± 0,000 | 38 | 3 | 1,188 | s. s. | 1,189 | + 0,001 |
| 14 | 5 | 2,162 | s. | 2,156 | — 0,006 | 39 | 3 | 1,168 | s. s. | 1,165 | — 0,003 |
| 15 | 2 | 2,044 | | | | 40 | 4 | 1,138 | s. | 1,134 | — 0,004 |
| | | | | | | | | 1,032β | | 1,028β | |
| 16 | | | s. s. | 2,079 | | 41 | 2 | 1,124 | m. | 1,124 | ± 0,000 |
| | | | | | | | | 1,019β | | 1,019β | |
| 17 | 5 | 1,750β | s. | 1,745 | — 0,005 | 42 | 1 | 1,019β | m. | 1,013β | + 0,001 |
| 18 | 2 | 1,878 | s. s. | 1,855 | | 43 | | | m. | 1,102 | |
| 19 | 2 | 1,806 | | | | 44 | 4 | 1,099 | st. | 1,098 | — 0,001 |
| 20 | 1 | 1,786 | s. s. | 1,784 | — 0,002 | 45 | 2 | 1,079 | | | |
| 21 | 10 | 1,744 | st. st. | 1,742 | — 0,002 | 46 | 3 | 1,064 | | | |
| 22 | 3 | 1,667 | s. | 1,667 | ± 0,000 | 47 | 10 | 1,037 | | | |
| 23 | 5 | 1,480β | m. | 1,481β | + 0,001 | 48 | 6 | 1,022 | | | |
| 24 | 2 | 1,617 | s. | 1,619 | + 0,002 | 49 | 5 | 1,016 | | | |
| 25 | 3 | 1,569 | s. | 1,568 | — 0,001 | | | | | | |
| | | | | | | Средняя величина расхождения | | | | | 0,002 |
| | | | | | | Максимальные колебания в величинах расхождения | | | | | 0,009 |

На таблице 50 эти данные приведены в колонке III; при этом величины $\frac{d}{n} < 1{,}000$ Å здесь не приведены, так как при примененной нами длине волн $\lambda_\alpha = 1{,}984$ Å на дебаеграмме мы не могли получить линий от плоских сеток, расстояние между которыми $< 1{,}000$ Å.

Из таблицы 50 видно, что полученные нами величины $\frac{d}{n}$ для диопсида удовлетворительно совпадают с теми же величинами, полученными B. E. Warren и W. Z. Bragg и P. Z. Merrit. Приведенные в последних колонках таблицы расхождения показывают, что данные P. Z. Merrit имеют по сравнению с нашими бо́льшие величины $\frac{d}{n}$ для всех линий, за исключением трех, где величина расхождения имеет знак —. У двух из этих линий, имеющих очень маленькую интенсивность, эта величина расхождения имеет большие абсолютные значения при отрицательном знаке. Причина большого отклонения значений у двух линий

Таблица 50

| №№ | Наши данные | | По Warren и Bragg (23) | | | По Merrit (8) | | Расхождения в величинах | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{d}{n}$ | $I$ | $\frac{d}{n}$ | $hkl$ | $I$ | $\frac{d}{n}$ | $I$ | В. И. Михеев—Warren и Bragg | В. И. Михеев—Merrit | Merrit—Warren и Bragg |
| 1 | | | | | | 4,499 | 1 | — | — | — |
| 2 | | | | | | 4,156 | 1 | — | — | — |
| 3 | | | | | | 3,413 | 2 | — | — | — |
| 4 | 3,26 | 6 | 3,248 | 220 | 23,8 | 3,275 | 2 | — 0,012 | + 0,015 | — 0,027 |
| 5 | 3,00 | 10 | | | | 3,004 | 10 | — | + 0,004 | — |
| 6 | 2,911 | 3 | 2,952 | 310 | 32,8 | 2,814 | 3 | + 0,041 ? | — 0,097 ? | + 0,138 ? |
| 7 | 2,570 | 2 | | | | 2,617 | 3 | — | + 0,047 | — |
| 8 | 2,523 | 10 | 2,518 | 002 | 60 ? | 2,564 | 10 | — 0,005 | + 0,011 | 0,016 |
| 9 | | | | | | 2,441 | 1 | — | — | — |
| 10 | 2,303 | 3 | | | | 2,323 | 4 | — | + 0,020 | — |
| 11 | 2,209 | 2 | 2,193 | 022 | 28,4 | 2,226 | 4 | — 0,014 | + 0,019 | — 0,035 |
| 12 | 2,128 | 5 | | | | 2,145 | 4 | — | + 0,017 | — |
| 13 | 2,038 | 3 | 2,029 | 041 | 29,6 | 2,067 | 4 | — 0,009 | ± 0,001 | — 0,008 |
| 14 | 2,010 | 6 | 2,008 | $20\bar{2}$ | 31,0 | 1,979 | 1 | — 0,002 | — 0,031 | + 0,029 |
| | | | 2,006 | 402 | 28,6 | | | — 0,004 | | + 0,027 |
| 15 | 1,828 | 2 | | | | 1,835 | 2 | — | + 0,007 | — |
| 16 | 1,744 | 7 | 1,749 | 150 | 27,6 | 1,759 | 2 | + 0,005 | + 0,015 | — 0,010 |
| 17 | 1,661 | 2 | 1,665 | 042 | 24,0 | 1,672 | 2 | + 0,004 | + 0,011 | — 0,007 |
| 18 | 1,616 | 10 | | | | 1,631 | 5 | — | + 0,015 | — |
| 19 | (1,560) | 8 | 1,655 | 600 | 31,0 | 1,556 | 1 | — 0,005 | + 0,006 | — 0,001 |
| 20 | 1,521 | 3 | 1,519 | $40\bar{2}$ | 35,5 | 1,526 | 2 | — 0,002 | + 0,005 | — 0,007 |
| 21 | 1,497 | 3 | | | | 1,500 | 3 | — | + 0,003 | — |
| 22 | 1,418 | 9 | | | | 1,418 | 6 | — | ± 0,000 | — |
| 23 | 1,322 | 8 | | | | 1,330 | 8 | — | + 0,008 | — |
| 24 | 1,280 | 7 | | | | 1,290 | 3 | — | + 0,010 | — |
| 25 | 1,260 | 5 | | | | 1,270 | 3 | — | + 0,010 | — |
| 26 | 1,244 | 4 | 1,259 | 004 | 34,0 | 1,258 | 3 | + 0,015 | + 0,014 | + 0,001 |
| 27 | 1,213 | 2 | | | | 1,217 | 1 | — | + 0,004 | — |
| 28 | (1,176) | 3 | | | | 1,181 | 1 | — | + 0,005 | — |
| 29 | 1,146 | 3 | | | | 1,152 | 1 | — | + 0,006 | — |
| 30 | | | | | | 1,133 | 1 | — | — | — |
| 31 | | | | | | 1,121 | 1 | — | — | — |
| 32 | 1,107 | 1 | | | | 1,103 | 1 | — | — 0,004 | — |
| 33 | 1,071 | 10 | | | | 1,074 | 4 | — | — 0,003 | — |
| 34 | 1,063 | 3 | | | | | | — | — | — |
| 35 | 1,051 | 4 | | | | 1,052 | 1 | — | + 0,001 | — |
| 36 | 1,041 | 3 | | | | | | — | — | — |
| 37 | | | | | | 1,006 | 1 | — | — | — |
| Средняя величина разности | | | | | | | | 0,007 | 0,011 | 0,014 |
| Максимальные расхождения разности | | | | | | | | 0,029 | 0,078 | 0,068 |

в другую сторону, чем у всех остальных линий, остается невыясненной. Если не принимать во внимание вышеуказанных линий, то из колонки расхождений В. И. Михеев — P. Z. Merrit видно, что величины $\frac{d}{n}$ P. Z. Merrit имеют большие значения, что может быть объяснено различием химического состава исследованных образцов диопсида, вызывающим изменение параметров решетки. В таком случае, если параметры ячейки диопсида, исследованного нами, принять за единицу, то для размеров ячейки диопсида P. Z. Merrit получим 1,006.

Данные B. E. Warren и W. Z. Bragg отклоняются от наших данных и от данных P. Z. Merrit несистематически и приблизительно в одинаковой степени.

**Гиперстен.** В работе по определению структуры энстатита B. E. Warren и D. I. Modell (25) в качестве образца используют кристалл гиперстена. В этой работе приведены $\sin\theta$, полученные при Mo антикатода, и относительные интенсивности отражений по визуальному определению для плоских сеток, параллельных координатным осям кристалла.

На таблице 51 приведено сравнение величин $\frac{d}{n}$, полученных нами из дебаеграммы гиперстена, с аналогичными величинами, вычисленными по работе B. E. Warren и D. I. Modell. Это вычисление величин $\frac{d}{n}$ производилось по формуле:

$$\left(\frac{d}{n}\right)^2 = \frac{a^2b^2c^2}{b^2c^2h^2 + a^2c^2k^2 + a^2b^2l^2},$$

где $a$, $b$ и $c$ — размеры элементарной ячейки гиперстена, $a = 18{,}20$ Å, $b = 8{,}76$ Å, $c = 5{,}20$ Å и $hkl$ индексы плоских сеток с относительной интенсивностью отражения „v. s." = „очень сильная".

Таблица 51

| Наши данные | | По B. E. Warren и D. I. Modell | | | Расхождения В. И. Михеев — B. E. Warren и D. I. Modell |
|---|---|---|---|---|---|
| $I$ | $\frac{d}{n}$ | $hkl$ | $\frac{d}{n}$ | $I$ | |
| 10 | 3,19 | 420 | 3,175 | v. s. | — 0,015 |
| 8 | 2,890 | 610 | 2,869 | v. s. | — 0,021 |
| 5 | 2,482 | 202 | 2,505 | v. s. | + 0,023 |
| 5 | 2,112 | 502 | 2,116 | v. s. | + 0,004 |
| 6 | 1,599 | 023 | 1,614 | v. s. | + 0,015 |
| | | 902 | 1,596 | v. s | — 0,003 |
| 5 | 1,527 | 650 | 1,530 | v. s. | + 0,003 |
| | | 1200 | 1,517 | v. s. | — 0,010 |
| 8 | 1,486 | 060 | 1,477 | v. s. | — 0,009 |
| Средняя величина расхождения | | | | | 0,011 |
| Максимальные колебания в величинах расхождения | | | | | 0,044 |

Средняя величина отклонения наших данных от данных B. E. Warren и D. I. Modell, как это видно из последней колонки таблицы 51, равна 0,011 Å. Таким образом, таблица 51 дает нам суждение о надежности полученных нами данных для дебаеграммы гиперстена, несмотря на то, что для вышеприведенного сравнения были использованы результаты исследования гиперстена различными методами.

Для волластонита, лабрадора и анортита в литературе нам не удалось найти данных для положения и относительной интенсивности линий на дебаеграмме.

Таблица 52

| №№ | По Taylor, Darbyshire, Strunz | | | Наши данные | | Расхождения |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *hkl* | *I* | *d/n* | *I* | *d/n* | |
| 1 | 020 | 1 | 6,339 | | | |
| 2 | 001 | 2—3 | | | | |
| 3 | 111 | 7 | 3,777 | 2 | 3,81 | —0,033 |
| 4 | $\bar{1}30$ | 8 | 3,699 | 4 | 3,70 | —0,001 |
| 5 | 200 | nil | 3,660 | | | |
| 6 | $13\bar{1}$ | 5 | | | | |
| 7 | 130 | 7 | | | | |
| 8 | $22\bar{1}$ | 2 | 3,480 | 8 | (3,55) | —0,070? |
| 9 | $\bar{2}02$ | 7—8 | 3,227 | 1 | 3,40 | —0,173? |
| 10 | 040 | 10 | 3,198 | 20 | 3,21 | —0,012 |
| 11 | 002 | 10 | | | | |
| 12 | $2\bar{2}0$ | 7 | | | | |
| 13 | 220 | 7 | | | | |
| 14 | $13\bar{1}$ | 7 | 2,983 | | | |
| 15 | $22\bar{2}$ | (6A) | 2,958 | 10 | 2,955 | +0,003 |
| 16 | $\bar{1}32$ | 4 | 2,840 | 2 | 2,862 | —0,022 |
| 17 | $31\bar{1}$ | 1 | 2,689 | | | |
| 18 | $\bar{1}32$ | 5—6 | 2,669 | 2 | 2,641 | +0,028 |
| 19 | 221 | 1—2 | 2,482 | 7 | 2,554 | —0,072? |
| 20 | $15\bar{1}$ | 4 | 2,415 | 6 | 2,446 | —0,031 |
| 21 | $2\bar{4}0$ | 2 | | | | |
| 22 | $04\bar{2}$ | 1 | 2,320 | 2 | 2,396 | —0,076 |
| 23 | $33\bar{1}$ | 4—5 | 2,313 | 6 | 2,311 | —0,006 |
| 24 | $\bar{3}31$ | 2 | 2,261 | | | |
| 25 | $\bar{3}32$ | | 2,247 | | | |
| 26 | 042 | 3 | 2,191 | 3 | 2,177 | +0,014 |
| 27 | 060 | 6 | 2,126 | 7 | 2,116 | +0,010 |
| 28 | 003 | 1—2 | | | | —0,003 |
| 29 | 151 | 3—4 | 2,113 | | | |
| 30 | 330 | 1 | | | | |
| 31 | $2\bar{4}1$ | 5 | 2,088 | 5 | (2,080) | +0,008 |
| 32 | $\bar{4}02$ | 1—2 | 2,028 | 6 | (2,013) | +0,015 |
| 33 | $\bar{4}01$ | 2 | 2,017 | | | +0,003 |
| 34 | $4\bar{2}\bar{2}$ | 2 | 1,951 | 4 | 1,974 | —0,023 |
| 35 | $\bar{4}22$ | 6 | 1,908 | | | |
| 36 | $\bar{1}52$ | 1 | 1,888 | 9 | 1,887 | +0,001 |
| 37 | 222 | 6 | | | | |
| 38 | 403 | (7 A) | 1,859 | | | |
| 39 | 260 | 4—5 | 1,849 | 4 | 1,846 | +0,003 |
| 40 | 400 | 6 | 1,830 | 9 | 1,821 | +0,009 |
| 41 | 043 | 4—5 | | | | |
| 42 | 442 | 6 | 1,740 | 5 | 1,745 | —0,005 |
| 43 | 043 | 3 | 1,723 | | | |
| 44 | $1\bar{3}3$ | 3 | | | | |
| 45 | $44\bar{1}$ | 3—4 | 1,715 | 6 | 1,714 | +0,001 |
| 46 | $35\bar{8}$ | 2 | 1,699 | | | |
| 47 | $\bar{4}41$ | 3 | 1,691 | | | |
| 48 | $\bar{4}42$ | 2 | 1,682 | | | |
| 49 | 242 | 3—4 | 1,667 | 4 | 1,663 | +0,004 |
| 50 | $3\bar{5}\bar{3}$ | 4 | 1,606 | | | |
| 51 | 080 | 3 | 1,592 | 3 | 1,581 | +0,011 |
| 52 | 004 | 4 | | | | |
| 53 | 401 | 1 | 1,585 | | | |
| 54 | 440 | nil | | | | |
| 55 | $53\bar{2}$ | 1 | 1,544 | | | |

| №№ | По Taylor, Darbyshire, Strunz | | | Наши данные | | Расхождения |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *hkl* | *I* | *d/n* | *I* | *d/n* | |
| 56 | $\bar{5}32$ | 1 | 1,517 | 5 | 1,528 | —0,011 |
| 57 | 332 | 1—2 | 1,498 | 6 | 1,500 | —0,002 |
| 58 | 333 | 2 | 1,467 | 9 | 1,457 | +0,010 |
| 59 | 262 | 5 | 1,441 | 7 | 1,425 | +0,016 |
| 60 | 441 | 2 | 1,409 | 2 | 1,385 | +0,024 |
| 61 | 243 | 4 | 1,376 | 2 | 1,374 | +0,002 |
| 62 | $\bar{1}91$ | 2 | 1,371 | | | |
| 63 | $55\bar{1}$ | 1 | 1,355 | 10 | 1,347 | +0,008 |
| 64 | $\bar{5}53$ | 6 | 1,319 | 3 | 1,322 | —0,003 |
| 65 | $08\bar{3}$ | 4 | 1,315 | | | |
| 66 | $\bar{1}92$ | 4 | 1,291 | | | |
| 67 | $\bar{6}04$ | 5 | 1,282 | | | |
| 68 | 0,100 | 3—4 | 1,277 | 6 | 1,278 | —0,001 |
| 69 | 005 | 3—4 | | | | |
| 70 | 550 | 2 | 1,268 | 3 | 1,266 | +0,002 |
| 71 | 442 | 3—4 | 1,232 | 10 | | |
| 72 | 600 | 3—4 | 1,220 | 10 | 1,224 | —0,004 |
| 73 | $35\bar{3}$ | 3—4 | 1,164 | 4 | 1,163 | +0,001 |
| 74 | $19\bar{4}$ | 4 | 1,134 | 2 | 1,133 | +0,001 |
| 75 | $\bar{4}8\bar{4}$ | 3—4 | 1,103 | 4 | 1,108 | —0,005 |
| 76 | $\bar{3}95$ | 4 | 0,973 | | | |
| | Средняя величина расхождения | | | | | 0,007 |
| | Максимальные отклонения в величинах расхождений | | | | | 0,061 |

**Альбит.** W. H. Taylor, I. A. Darbyshire и H. Strunz (38) по рентгенометрическому исследованию полевых шпатов приводят $\sin\theta$ и относительные интенсивности отражений для альбита, полученные по гирограммам. Из величин $\sin\theta$, приведенных в этой работе, нами были вычислены $d/n$, с которыми на таблице 52 сравнены $d/n$, полученные нами по дебаеграмме альбита.

Из таблицы 52 видно, что большинство наших данных совпадает с данными W. H. Taylor, I. A. Darbyshire и H. Strunz. Некоторые же линии дебаеграммы, как, например, 19, 23, 45 (табл. 52) и некоторые другие, имеют относительную интенсивность бо́льшую, чем у вышеуказанных авторов. С другой стороны, теми же авторами на гирограмме был получен целый ряд отражений, отсутствующих на нашей дебаеграмме. Наконец, нужно отметить, что некоторые из сопоставленных в таблице 52 величин имеют довольно заметные расхождения. Это, может быть, объясняется различием в методах исследования, именно в работе W. H. Taylor, I. A. Darbyshire, H. Strunz вероятно приведены на все возможные отражения от кристалла (так как съемка гирограмм производилась лишь в одном направлении). Если отвлечься от всех линий, имеющих большие расхождения, которые вызываются вышеуказанными причинами (линии № 8, 9, 19, 22), то средняя величина расхождения будет равняться 0,007 Å, что говорит за сравнительно хорошее совпадение данных.

## Некоторые замечания о степени точности рентгенометрических данных при идентификации веществ

Из рассмотрения всех возможных погрешностей в пункте 3 „Погрешности и поправки" (в главе III) было указано, что погрешности примененного здесь метода определяются неточностью измерения и не должны превышать одного процента измеряемой величины.

Практическое указание на степень точности метода могут дать расхождения в величинах $d/n$ для линий, вызванных отражениями излучений $K_\alpha$ и $K_\beta$ от данной плоской сетки. Нами была найдена средняя величина расхождения между $\frac{d_\alpha}{n}$ и $\frac{d_\beta}{n}$ из всех наблюдавшихся случаев появления отражений излучения $K_\beta$ (их было около 60). Это средняя величина расхождения в абсолютном выражении равна 0,005 Å или в процентах к измеряемой величине 0,23% (процентные расхождения вычислялись для каждой пары линий и затем бралось среднее арифметическое). Во всех случаях несомненного появления $\beta$-линий расхождения всегда были меньше 1% измеряемой величины. Все это находится в хорошем согласии с тем, что было найдено нами из рассмотрения возможных погрешностей, и величину 0,23% можно было бы принимать за степень точности определения параметров. Однако здесь нужно учесть также то обстоятельство, что линии, вызванные излучением $K_\beta$, в наших условиях появляются главным образом при малых углах отблеска $\theta$, где небольшая ошибка в измеряемых на дебаеграмме расстояниях сильно сказывается на величине $d/n$ — межплоскостных расстояний. Вследствие этого практическая степень точности в определении параметров или межплоскостных расстояний должна быть принята меньше, чем 0,23% измеряемой величины, если использовать для этого линии при больших углах отблеска.

Приведенное сравнение наших данных для эталонных дебаеграмм с литературными данными отчасти и было предпринято для того, чтобы установить приблизительную величину допустимых отклонений в величинах $d/n$ при идентификации веществ по дебаеграммам.

На таблице 53 выписаны средние величины расхождений и максимальные отклонения в величинах расхождений для тех из снятых нами дебаеграмм минералов, для которых удалось найти величины $d/n$ в литературе. Выведенная из этой таблицы средняя величина расхождения 0,008 Å лежит за пределами 1% измеряемой величины, так как величина $d/n$ колеблется от 1,000 Å до $\sim$4,000 Å. Однако она превышает среднюю величину расхождения, найденную по $\beta$-линиям. Максимальные отклонения в величинах расхождения, достигающие, например, у альбита 0,097 Å, значительно превышают 1% измеряемой величины и являются также больше частных отклонений, найденных по $\beta$-линиям (которые, как указано выше, всегда меньше 1% измеряемой величины).

Таким образом можно констатировать, что величины расхождений, полученные посредством сравнения как наших данных с данными других авторов, так и этих последних между собой для всех минералов, за исключением гематита и оливина, превышают расхождения, найденные по $\beta$-линиям (которые могут характеризовать степень точности определения межплоскостных расстояний).

Единственным объяснением такого увеличения расхождений может являться то, что для получения дебаеграмм различными авторами были использованы несколько отличные образцы минералов. Небольшое изменение в химическом составе вещества, изменения в температуре образования минерала, примеси и т. д. могли вызвать изменения в структуре и этим самым дать некоторое перемещение линий на порошкограмме.

Отсюда может быть сделан вывод, что допустимые расхождения в величинах $d/n$ при идентификации веществ должны быть несколько больше тех, которые обусловливаются погрешностями метода при определении межплоскостных расстояний.

Выведенная в таблице 53 средняя величина отклонения может быть принята как средняя допустимая величина отклонения в величинах $d/n$ для чистых по химическому составу веществ. Величина 0,008 Å выведена, как это указывалось, не только по отклонению наших данных от данных других авторов, но и этих последних между собой, поэтому она не может носить частный, применительно к нашим данным, характер. В добавление к этому укажем, что нами было произведено сравнение величин $d/n$ для кальцита по E. A. Harrington (3) и по

P. Krieger (39). Средняя величина расхождения здесь равна 0,012 Å, а максимальная величина отклонения 0,053 Å, несмотря на то, что кальцит является довольно постоянным по своему составу минералом, и оба автора дают дебаеграммы этого минерала в качестве эталонов.

Естественно, что при идентификации веществ, где сравниваемые образцы часто имеют небольшие различия в химическом составе, допустимая величина отклонений должна быть несколько больше величины 0,008 Å, которая была найдена для эталонных дебаеграмм минералов.

Таблица 53

**Средние величины расхождения в $\frac{d}{n}$ для эталонных дебаеграмм**

| Минералы | Фамилии исследователей | Средняя величина расхождения | Максимальные отклонения в величинах расхождения |
|---|---|---|---|
| Благородная шпинель | P. F. Kerr — E. Posnjak | 0,008 Å | 0,070 Å |
| | В. И. Михеев — P. F. Kerr | 0,007 | 0,017 |
| | В. И. Михеев — E. Posnjak | 0,015 | 0,053 |
| Магнетит | R. W. G. Wyckoff, E. D. Grittenden — A. Classen | 0,009 | 0,043 |
| | В. И. Михеев — A. Classen | 0,007 | 0,039 |
| | В. И. Михеев — R. W. G. Wyckoff, E. D. Grittenden | 0,007 | 0,019 |
| Гематит | В. И. Михеев — E. A. Harrington | 0,003 | 0,011 |
| Оливин | В. И. Михеев — H. Haraldsen | 0,002 | 0,009 |
| | P. Z. Merrit — B. E. Warren, W. Z. Bragg | 0,014 | 0,068 |
| Диопсид | В. И. Михеев — P. Z. Merrit | 0,011 | 0,078 |
| | В. И. Михеев — B. E. Warren, W. Z. Bragg | 0,007 | 0,029 |
| Гиперстен | В. И. Михеев — B. E. Warren, D. I. Modell | 0,011 | 0,044 |
| Альбит | В. И. Михеев — W. H. Taylor, I. A. Darbyshire, H. Strunz | 0,007 | 0,061 |
| Среднее арифметическое | | 0,008 Å | 0,041 Å |

## ZUSAMMENFASSUNG

1. Die vorliegende Arbeit enthält Angaben der Etalonpulveraufnahmen von elf hauptsächlich gesteinbildenden Mineralien, welche in Schmelzprodukten von gabbrodiabasartigen Gesteinen beobachtet werden können: Edelspinell $MgO \cdot Al_2O_3$; Magnetit $FeO \cdot Fe_2O_3$; Eisenglanz (Hämatit) $Fe_2O_3$; Olivin $SiO_4$ $(Mg, Fe)_2$; Diopsid $[SiO_3]_2$ CaMg; Augit $n[SiO_3]_2$ $Ca(Mg, Fe) \cdot m(Al, Fe)_2O_3$; Hypersthen $[SiO_3]_2$ $(Mg, Fe)_2$; Wollastonit $[SiO_3]_2$ $Ca_2$; Albit $NaAlSi_3N_8$; Labrador 50% $NaAlSi_3O_8 \cdot 50\%$ $CaAl_2Si_2O_8$ und Anorthit $CaAl_2Si_2O_8$.

Alle untersuchten Mineralien mit Ausnahme von Edelspinell, Magnetit, Eisenglanz und Olivin wurden chemisch analysiert.

2. Korrektionen der Glanzwinkel $\theta$ wurden mittels Steinsalz ausgeführt. Alle bei dieser Methode möglichen Fehler in Betracht nehmend, ist die Fehlerhaftigkeit der numerischen Werte für die Linienlagen der Pulveraufnahme doch geringer als 1% der gemessenen Grösse. Beim Vergleich von Angaben für Linienlagen bei verschiedener Wellenlänge, können die Mittelwerte der Abweichungen von $d/n$ zu 0,23% der gemessenen Grösse angenommen werden. Praktisch ist die Präzision dieser Methode für Netzebenenabstände und Parameterbestimmungen geringer als 0,23% der gemessenen Grösse.

3. Der Vergleich von Angaben verschiedener Forscher für Netzebenenabständen in Etalonpulveraufnahmen, ergibt einen Mittelwert der Abweichungen von 0,008 Å welcher etwa zweimal grösser ist als die Präzision dieser Methode in Bezug auf Parameterbestimmung. In Substanzidentifikationen nach Pulveraufnahmen ist der gestattete Mittelwert der Abweichungen etwas über 0,008 Å anzunehmen.

4. Für jedes Etalonpulverdiagramm ist ein Komplex sogenannter charakteristischer Linien bestimmt — 10 Linien höchster Intensität, welche nur durch die Struktur der Substanz bedingt werden und von der Bedingungen der Pulveraufnahme nicht beeinflusst werden. Die Angaben jedes Komplexes charakteristischer Linien können als eine gewisse neue Konstante für die respective Substanz angesehen werden.

5. Die Anordnung der Angaben für Etalonpulveraufnahme ist derart, dass sie deren Anwendung in Taf. 37 befördert. Obige Tafel ist als erster Versuch einer reellen Konstruktion von röntgenometrischen Bestimmungstabellen für Mineralien zu betrachten, deren Idee zuerst von prof. A. K. Boldyrew ausgedrückt wurde.

6. Etalonpulveraufnahme können für qualitative Bestimmungen des mineralogischen Bestandes von Steingussprodukten benutzt werden, unabhängig von allen bisher existierenden Methoden.

7. Gleichfalls können dieselben für die Bestimmung folgender Mineralien dienen: Edelspinell, Magnetit, Eisenglanz, Olivin, Diopsid, Augit, Hypersthen, Wollastonit, Albit, Labrador und Anorthit.

8. Für Mineralien der isomorphen Gruppen Plagioklas und Diopsid-Augit ist die Bestimmung einzelner Glieder der isomorphen Gruppen nach Pulveraufnahmen nur im Falle von einzelnen (reinen) Mineralien möglich (nicht aber im Gemenge).

9. In der Erklärung des mineralogischen Bestandes auf Grund von Pulveraufnahmen kann die Identifizierung eines bestimmten Glieder der isomorphen Gruppe nur in besonders günstigen Fällen geschehen-Gewöhnlicn ist es nur möglich die Anwesenheit der oder jener isomorphen Gruppe, und nicht deren einzelner Glieder festzustellen.

10. Es wird ein Beispiel der Anwendung von Etalonpulveraufnahmen zur Klärung des qualitativen mineralogischen Bestandes von Steingussprodukten gegeben, sowohl wie die Anwendungsmethode der summaren Tafel 37. In Steingussprodukten wurde auf Grund unserer Pulveraufnahme die Anwesenheit von Magnetit, Diopsid und Labrador festgesetzt.

11. Um die beschriebene Methode für die Bestimmung einer beliebigen kristallinen Substanze brauchbare zu werden, müssen spezielle röntgenometrische Bestimmungstabellen kristalliner Substanzen (wenigstens Mineralien) angefertigt werden. Diese müssen Etalonpulveraufnahmen von einer möglichst grossen Zahl von Substanzen, in zweckmässiger Anordnung, enthalten.

## ЛИТЕРАТУРА


1. А. К. Болдырев, Стенографическая запись доклада о работах рентгенометрической лаборатории ЦНИГРИ. 1935.
2. P. E. Kerr. „The determination of opaque ors-minerals by X-ray diffraction patterns". — Economic Geology 19, pp. 1—34, 1924.
3. E. A. Harrington. — „X-ray Diffraction measurements on some of the pure compounds conserned in the study of Portland-cement" — American Journal of Science. v. 13, 467—479, 1927.
4. Haakon Haraldsen. — „Eine röntgenographische und chemische Untersuchung über die termische Umbildung des Serpentins". — Centralblatt f. Min. Geol. u. Paläont. 297—315, 1928.
5. Haakon Haraldsen. — „Beiträge zur Kenntnis der termischen Umbildung des Talks". — Neues Jahrbuch f. Min. Geol. u. Paläont. Beil. Bd. 61, Abt. 139—164. 1930.
6. Г. М. Попов. — „Дебаеграммы Главнейших минералов руд железа и марганца". — Изв. Всесоюзн. Геол.-Разв. Объед., т. 51, вып. 19, 1932.
7. Г. М. Попов. „Рентгеновское исследование марганцовых руд рудников Сапальского (Урал) и Чиатур (Кавказ)". — Сборник полезных ископаемых. ЦНИГРИ, 1935.
8. P. Z. Merrit. — The identification of Jade by means of X-ray diffraction patterns. The American Mineralegist, v. 17, 497—508, 1932.
9. A. W. Waldo. — „Identification of the copper ore minerals by means of X-ray powder diffraction patterns". — Am. Mineral. v. 20, 575, 1935.
10. В. И. Михеев, Г. М. Попови Н. Я. Селяков. — „Рентгенографическое исследование продуктов каменного литья". — Записки Ленингр. Горного Института, т. IX, вып. 1, 51—56. 1936.
11. В. И. Михеев, Г. М. Попов и Н. Я. Селяков. — „Рентгенографическое исследование минерального состава продуктов кеменного литья". — Сборник „Рентгенография" 193, 444—450.
12. В. В. Никитин. — „Новые диаграммы для определения полевых шпатов универсальным методом Е. С. Федорова". — Изд. Росс. Минералог. О-ва и Федоровского ин-та, 1929.
13. B. G. Menzer. — „Prezisionsbestimmungen von Gitterkonstanten mittels der Pulvermethoden". — Fortschritte der Min. Kristall. u. Petrographie Bd. 16, I, 162—207, 1931.
14. V. M. Goldschmidt. — „Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente VIII". См. Ewald und Hermann „Strukturbericht". 1913—1928—1935.
15. W. H. Bracc. — Nature 95, 501, 1915. Phil. Mag. 30, 305—315, 1915.
16. S. Nischikawa. — Proc. of the Tokyo Math. Phys. Soc. 8, 199—209, 1915.
17. S. Holgersson. — Lunds Univ. Arskrift. N. E. Avd. 2, 23, N 9, 1927.
18. R. M. Bozorth. — J. Am. Chem. Soc. 49, 969—976, 1927.
19. L. Pauling, S. B. Hendricks. — J. Am. Chem. Soc. 47, 781—790, 1925.
20. Ch. Berndt. — Abh. d. Sachs. Akad. d. Wiss., Nath.-Phys. Klasse 38, N 3-3-35, 1921.
21. W. Z. Bragg and G. B. Brown. — Zeitschrift f. Krist. 63, 538—556, 1926.
22. R. W. C. Wyckoff and H. E. Mervin. — Am. J. Sci. 9, 379, 394, 1925. Zeitschr. f. Krist. 62, 540—552, 1925.
23. B. Warren and W. Z. Bragg. — Zeitschr. f. Krist. 69, 168, 1929.
24. R. W. Wyckoff, H. E. Merwin and H. S. Washington. — „X-ray diffraction measurements upon the pyroxene". Am. J. Sci. 10, 382—397, 1925.
25. B. E. Warren and D. I. Modell. — „The structure of Enstatite $MgSiO_3$" — Zeitschr. f. Krist. Bd. 75, 1—14, 1930.
26. Schiebold. — Centralblatt f. Miner. A, 453—458, 1927.
27. Schiebold. — Zeitschr. f. Krist. 66, 418—493, 1928.
28. E. A. Posnjak. — „The lattice dimensions of Spinel, $MgAl_2O_4$". — Am. J. Sci. v. 19 p. 5—8, 1928.
29. B. E. Warren and J. Biskoe. — „The crystal structure of the monoclinic Pyroxenes". Zeitschr. f. Krist. 80, 391, 1931.
30. E. Rinne. — „Morphologische und physikalisch-chemische Untersuchungen an syntetischen Spinellen als Beispiel untochiometrisch zusammengesetzter Stoffe". — Neues Jahrbuch f. Mineralogie. A. 58, 43—108, 1928.
31. P. F. Kerr. — „An artificial Gem-stone isomorphus with Spinel". — Am. Mineralogist. 14, 259—264, 1929.
32. F. Machatschki. — „Zur Spinellstruktur". — Zeitschr. f. Krist. 80, 414—427, 1931.
33. H. Hauptmann und J. Novak. Z. f. physik. Chem. (B) 15, 365, 1932.
34. E. Kordes. — „Kristallchemische Untersuchungen über Aluminium-Verbindungen mit spinellartigem Gitterbau und über $\gamma = Fe_2O_3$". — Z. f. Krist. 91, 193—228, 1935.
35. R. W. G. Wyckoff and E. D. Grittenden. — „An X-ray examination of some ammonia Catalisis". — J. Am. Chem. Soc. 47, 2868—2876, 1925.
36. A. Classen. — Proc. Phys. Soc. London. 38, 482—487, 1926.
37. B. Gossner and F. Spielberger. — „Chemische und röntgenographische Untersuchungen an Silikaten".

38. W. H. Taylor, J. A. Darbyshire and H. Strunz. — „An X-ray investigation of the Felspars". Zeitschr. f. Krist. 87, 464—498, 1934.
39. P. Krieger. — The American Mineralogist, v. 15, 23—29, 1930.

## ЛИТЕРАТУРА ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА И СПРАВОЧНИКИ

1. А. К. Болдырев. — „Кристаллография" изд. III, ОНТИ, 1934.
2. А. К. Болдырев. — „Курс описательной минералогии", вып. I, II и III,
3. А. К. Болдырев. — „Рабочая книга по минералогии". Г. Н. Г. Геол. Развед. Изд., 1932.
4. В. Л. Брэгг. — „Структура силикатов". Г. Н. Г. Изд., 1932.
5. C. Doelter. — „Handbuch der Mineralchemie". I—IV, 1914—1931.
6. P. P. Ewald and C. Hermann. — „Structurbericht", 1913—1928—1935.
7. Глокер — „Рентгеновские лучи и испытание материалов". ГТГИ, 1932.
8. Arthur Holmes. — „Petrographie Methods and Calculations". London, 1930.
9. В. Н. Лодочников. — „Основы микроскопических методов исследования кристаллического вещества". Н. Хим.-Тех. Изд. 1930.
10. А. Э. Купфер. — Минералогическая коллекция Горного Института. 1911.

## С О Д Е Р Ж А Н И Е


Стр.

I. Введение . . . . . 1
1. Метод минералогического анализа вещества и область его применения . 1
2. Границы применения метода минералогического анализа смеси с помощью рентгеновых лучей . . . . . 4
3. Цель работы . . . . . 5
II. Перечень исследованных минералов . . . . . 6
III. Условия работы . . . . . 8
1. Аппаратура . . . . . 8
2. Получение фактических данных . . . . . 9
3. Погрешности и поправки . . . . . 10
IV. Описание эталонных дебаеграмм . . . . . 13
1. Характерный комплекс линий дебаеграмм . . . . . 13
2. Схема описания эталонных дебаеграмм . . . . . 15
3. Эталонные дебаеграммы минералов . . . . . 17
Благородная шпинель . . . . . 17
Магнетит . . . . . 20
Гематит . . . . . 25
Оливин . . . . . 29
Диопсид . . . . . 33
Авгит . . . . . 36
Гиперстен . . . . . 38
Волластонит . . . . . 41
Альбит . . . . . 44
Лабрадор . . . . . 44
Анортит . . . . . 51
V. Сравнение эталонных дебаеграмм исследованных нами минералов . . . . . 55
VI. Пример применения эталонных дебаеграмм к расшифровке минералогического состава каменного литья . . . . . 65
VII Сравнение эталонных дебаеграмм с литературными данными . . . . . 78
Zusammenfassung . . . . . 91
Литература . . . . . 92