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

Рентгенометрическое исследование некоторых эталонных минералов и продуктов плавки каменного литья

Инж. В. Н. Дубинина

X-ray examination of some standard minerals and products of melted rocks

Eng. V. N. Dubinina

Настоящая работа — непосредственное продолжение работы В. И. Михеева (1) — является осуществлением части большой и актуальной задачи по составлению рентгеноопределителя, задуманного проф. А. К. Болдыревым.

Она состоит из двух частей. Цель первой части — пополнение количества эталонных порошкограмм (дебаеграмм), второй — определение минералогического состава двух продуктов каменного литья (полученных с опытной каменнолитейной установки при НИС'е Ленинградского Горного института) методом сравнения с данными эталонных порошкограмм.

1. В качестве эталонных порошкограмм получены порошкограммы альмандина, гроссуляра, роговой обманки (из Ильменских гор — ильменская рогобманка), актинолита и искусственного аналога благородной шпинели.

Последняя порошкограмма интересна в отношении сравнения ее с порошкограммой естественного минерала. Такое сравнение необходимо как практическая попытка выяснить отличие порошкограмм естественных минералов от их искусственных аналогов. Оно дает некоторые критерии, позволяющие установить, насколько точно определение минералогического состава искусственно полученных объектов (например, каменного литья) по порошкограммам естественных минералов.

2) Из продуктов каменного литья исследованы — плавленый диабаз-пикрит и порода, по сравнению с первой значительно обогащенная кальцием.

Условия получения и обработка снимков

Получение рентгеновских снимков эталонных минералов и исследование продуктов плавки каменного литья методом Дебая-Шеррера-Хёлля производилось в условиях рентгеновской лаборатории Федоровского института при Ленинградском Горном институте.

Небольшая часть работы была выполнена на однокенотронном рентгеновском аппарате ленинградского завода „Буревестник" с помощью 6-оконной трубки Хаддинга с железным антикатодом, другая — большая, на однокенотронном аппарате московского рентгеновского завода с помощью приключенной к нему той же (6-оконной) трубки Хаддинга.

Максимальное напряжение первого аппарата 80 kV, рабочее 30—40 kV при силе тока в трубке 7—8 mA.

Максимальное напряжение второго 110 kV, рабочее напряжение 40—45 kV при силе тока в трубке 9—$9^1/_2$ mA.

Исследованные образцы экспонировались в камерах, изготовленных Опытным заводом при Государственном Физико-Техническом институте (Ленинград) с диа-

метром пленкодержателя камеры $D = 46{,}00$ *мм*. Экспозиции колебались от 15 до 40 *час*.

В качестве фотографических пленок применялись пленки с двусторонней эмульсией.

С каждого чистого испытуемого эталонного минерала было получено по две порошкограммы: *а* чистого изучаемого минерала и *б* смеси его с каменной солью.

Для обеих порошкограмм были троекратно промерены расстояния между симметричными дужками, а в случае слабых и расплывчатых линий измерение повторялось большее число раз, и на глаз оценивалась интенсивность линий. При оценке интенсивности применялась десятибалльная скала, именно: наиболее интенсивная линия оценивалась баллом 10, самая слабая баллом 1 (иногда очень слабая баллом $^1/_2$).

Затем по промеренным расстояниям между симметричными дужками ($2e$) производилось вычисление углов отблеска θ по формуле

$$\theta = \frac{360 \cdot 2e}{4 \cdot \pi \cdot D},$$

где $2e$ — расстояние между симметричными линиями, D — диаметр пленкодержателя камеры $= 46{,}00$ *мм*.

Опытные значения θ были исправлены приведенными ниже приемами (подробнее см. работу В. И. Михеева).

Для получения исправленных значений углов отблеска θ испытуемого вещества строились два графика поправок.

Один график поправок строился по данным порошкограммы *б* (испытуемое вещество с примесью NaCl). По оси абсцисс откладывались полученные (неисправленные) значения углов отблеска θ каменной соли, а по оси ординат разность между ними и теоретически вычисленными. По этому графику вводились поправки для наиболее интенсивных линий вещества (линии характерного комплекса) порошкограммы вещества с примесью каменной соли.

Второй график поправок строился по данным порошкограммы *а* (чистое испытуемое вещество). По оси абсцисс откладывались значения углов отблеска интенсивных линий чистого вещества, а по оси ординат разность между ними и исправленными по первому графику углами отблеска порошкограммы *б*.

По последнему графику находились величины поправок для углов отблеска всех линий порошкограммы испытуемого вещества.

Для исправленных углов отблеска θ были найдены значения $\sin\theta$, а затем по формулам $\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$ и $\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$ вычислены межплоскостные расстояния, исходя из двух предположений: 1) все линии порошкограммы вызваны излучением серии K -железа (так как $\lambda_{\alpha_1} = 1{,}932$ Å и $\lambda_{\alpha_2} = 1{,}936$ Å, для серии K_{Fe} очень близки, принято их среднее значение $= \lambda_\alpha = 1{,}934$ Å); 2) все линии вызваны излучением серии K_β-железа $= 1{,}753$ Å.

Учет двух длин волн λ_α и λ_β необходим потому, что при съемке не были применены фильтры для поглощения излучения λ_β-железа.

В приведенных ниже таблицах для всех линий, вызванных без сомнения λ_β-излучением, значения d_1 заключены в круглые сплошные скобки, а для линий от λ_α-излучения в такие же скобки заключены значения d_2.

Одна круглая скобка с левой стороны цифры применялась в том случае, если было велико расхождение в соответственных значениях d_2 и d_1 для линий излучения λ_β и λ_α (от одной и той же плоской сетки), или если велика интенсивность линий λ_β-излучения (может быть, вследствие ее наложения с линией излучения λ_α).

Индицирование плоских сеток по найденным значениям d (межплоскостные расстояния) для минералов полигирной (кубической) сингонии было произведено по диаграмме, представляющей функцию $a_0 = d\sqrt{h^2+k^2+l^2}$.

Таким образом линии сначала индицировались графически, а затем правильность этого индицирования проверялась вычислением по формулам:

$$\frac{d_1}{d_2}=\frac{H_2}{H_1};\ \frac{d_2}{d_3}=\frac{H_3}{H_2}\ \text{и т. д., где}\ H=\sqrt{h^2+k^2+l^2}\ .$$

Параметр элементарной ячейки определялся по формуле $a_0=d\sqrt{h^2+k^2+l^2}$ для каждой отдельной линии, а затем принималось его среднеарифметическое значение.

Индицирование линий минералов моногирной (моноклинной) сингонии (актинолит, роговая обманка) по данным порошкограмм является пока практически невозможным.

I. ОПИСАНИЕ ПОРОШКОГРАММ

Для более однообразного изложения полученных данных будем придерживаться при описании следующей схемы.

а) Структура минералов на основе литературных данных.

б) Краткая характеристика образца, месторождение, химический анализ и формула.

в) Условия получения и характер снимков.

г) Полученные данные в виде таблиц; графики поправок. Из полученных данных для каждого минерала выделены десять наиболее характерных линий, подобно тому как это сделано В. И. Михеевым*, которые сведены в небольшую табличку — так называемого комплекса характерных линий минерала.

д) Сопоставление полученных данных с литературными. Для роговой обманки и актинолита, в силу того, что для них получены почти тождественные результаты, а в литературе не найдено расчетных данных, получаемых при методе порошка, приведено сопоставление их между собою и сравнение с некоторыми данными для тремолита. Значения d для последнего минерала вычислены по данным рентгенограммы вращения (подробнее см. ниже).

е) Выводы из приведенного сопоставления.

После описания отдельных минералов производится сравнение всех полученных порошкограмм между собой.

Прежде чем приступить к описанию каждого отдельного минерала, дадим строение таблиц, в которых приводятся расчетные данные.

Таблицы минералов полигирной сингонии содержат 23, минералов моногирной — 21 колонку.

1) Первая колонка содержит порядковые номера линий порошкограммы чистого минерала.

2) Относительные интенсивности линий (I_1).

3) Расстояния между симметричными линиями ($2e_1$), полученные как среднее арифметическое из трех, а иногда и больше промеров для каждой пары симметричных линий порошкограммы чистого минерала.

4) Величина наибольшего расхождения при трех, а иногда больше промерах ($\Delta 2e_1$).

5) Углы отблеска θ_1, вычисленные по формуле $\theta_1=\frac{360^\circ}{4\pi D}\cdot 2e_1$, при диаметре камеры $D=46{,}00$ *мм*.

Затем идут данные для порошкограммы минерала, снятого с примесью каменной соли.

6) Порядковые номера линий порошкограммы минерала с примесью каменной соли.

7) Относительные интенсивности линий порошкограммы смеси (I_2).

---

* Еще в 1932 г. Г. М. Поповым было предложено выделять комплекс характеризующих линий (наиболее интенсивные линии) для каждой отдельной порошкограммы. См. работу Г. М. Попова: „Дебаеграммы главнейших минералов руд железа и марганца". Изв. Всесоюзн. Геол. Разв. Объед., вып. 19, 1932.

8) Расстояния между симметричными линиями ($2e_2$), полученные как среднее арифметическое из трех и более промеров.

9) Величина максимального расхождения для промеров симметричных линий $\Delta 2e_2$.

10) Углы отблеска θ_2, вычисленные по формуле:

$$\theta_2 = \frac{360^\circ}{4\pi \cdot D} \cdot 2e_2, \quad \text{где } D = 46{,}00 \text{ мм},$$

(минералы с примесью каменной соли снимались в тех же самых камерах, что и чистые вещества).

11) Интенсивности линий (I_{NaCl}) каменной соли, полученные также визуальной оценкой при получении порошкограммы этого вещества в чистом виде.

12) Теоретические углы отблеска θ_{NaCl}, полученные путем расчета, при величине параметра элементарной решетки для NaCl $a_0 = 5{,}6280$ Å.

13) Разность в значениях углов отблеска для NaCl, найденных опытным путем, и теоретически вычисленными $-\Delta\theta_{NaCl}$ (по этим данным $-\Delta\theta_{NaCl}$ и углам отблеска θ_2 для линий NaCl, построены все графики поправок, имеющие нечетные номера).

14) Поправки $\Delta\theta_2$, найденные по графику для линий порошкограммы минерала с примесью каменной соли, имеющих большую интенсивность.

15) Исправленные по поправкам $\Delta\theta_2$ углы отблеска θ_0 для порошкограммы минерала с каменной солью.

16) Разность $\Delta\theta_1$ между значениями углов отблеска θ_1 для линий порошкограммы чистого минерала и соответствующими исправленными θ_0 для порошкограммы с каменной солью (по значениям $\Delta\vartheta_1$ и углам отблеска θ_1 порошкограммы чистого минерала построены графики, имеющие четные нумера).

17) Поправки $\Delta\theta$, найденные по второму графику для всех (в том числе и использованных для построения графика) углов отблеска линий порошкограммы чистого минерала.

18) Исправленные значения углов отблеска θ.

19) Найденные по ним значения $\sin\theta$.

20) Расстояния между плоскими сетками d_1, вычисленные по формуле

$$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2 \cdot \sin\theta}.$$

21) Расстояния между плоскими сетками d_2, вычисленные по формуле:

$$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2 \cdot \sin\theta}.$$

22) Для минералов полигирной сингонии приведены еще индексы соответствующих линий.

23) Параметры элементарной ячейки (a_0), вычисленные по индексам и значениям d_1 для линий λ_α и по d_2 для линий λ_β. Внизу этой колонки приводится среднеарифметическое значение для величины параметра элементарной ячейки (a_0).

Значения параметра для некоторых сомнительных или очень слабой интенсивности линий заключены в квадратные сплошные скобки (не были приняты в расчет при выведении его среднего арифметического).

а. Гранаты

а) Сингония полигирная. Структура для гранатов подробно разобрана Menzer (2). Гранаты имеют пространственно центрированную решетку. Пространственная группа O_h^{10}. Элементарный куб всегда содержит 8 молекул $R_3^{\cdots}R_2^{\cdots}Si_3O_{12}$.

Каждый элементарный куб состоит из 8 маленьких конгруэнтных кубов, длина ребер которых составляет половину ребра элементарного куба.

Атомы $R^{\cdots}$ образуют пространственно центрированную решетку с длиной ребра $= \frac{a_0}{2}$.

Атомы Si и R'' попеременно расположены на диагональных осях вращения, на расстоянии $\frac{a_0}{4}$ один от другого (рис. 1).

Атомы кислорода расположены так, что они являются вершинами тетрагонального тетраэдра, в средине которого находится атом Si, и одновременно — вершинами ромбического тетраэдра вокруг соседнего R''-атома. Помимо того атомы кислорода находятся в вершинах несколько искаженного октаэдра (с ромбоэдрической симметрией) вокруг R'''-атома и в вершинах очень плоского ромбического тетраэдра вокруг другого R''-атома.

Для альмандина $a_0 = 11{,}497 \pm 0{,}003$ Å, для гроссуляра $a_0 = 11{,}840 \pm 0{,}003$ Å.

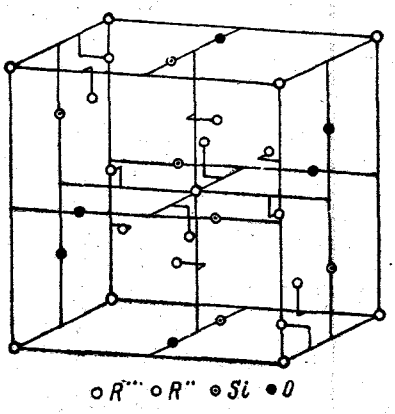


Рис. 1. 1/8 элементарного куба граната.

1. Альмандин $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$

б) Образец Горного музея № 629 4/13. Урал (Сысертский завод). Отдельные зерна и кристаллы.

Данных химического анализа для него в литературе не найдено.

в) Рентгеновские снимки чистого альмандина и альмандина с 25% каменной соли были получены в камере № 2 с диаметром $D = 46{,}00$ *мм*.

Первый при силе тока в трубке 7 mA и экспозиции 23 *час*, второй при той же силе тока, экспозиция 29 *час*.

Линии на обеих порошкограммах сравнительно тонкие и четкие (рис. 2 и 3).

На порошкограмме альмандина измерены 32 линии, но три первые из них сравнительно слабой интенсивности, повидимому, вызваны посторонними приме-

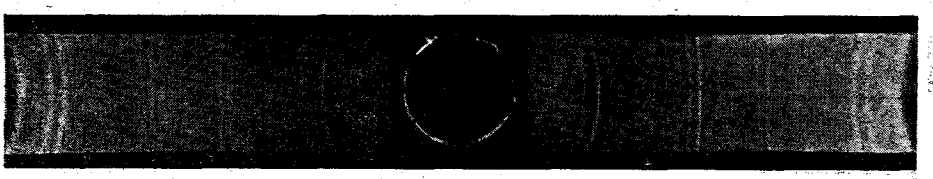


Рис. 2. Порошкограмма альмандина № 629 4/13.

сями. При определении индексов этих линий по соотношениям: $\frac{d_1}{d_n} = \frac{H_n}{H_1}$; $\frac{d_2}{d_n} = \frac{H_n}{H_2}$ и т. д. $(H = \sqrt{h^2 + k^2 + l^2})$, где величины d вычислены по длине волны λ_α, оказалось, что сумма квадратов индексов H_1^2, а также H_2^2 и H_3^2 сильно отличаются

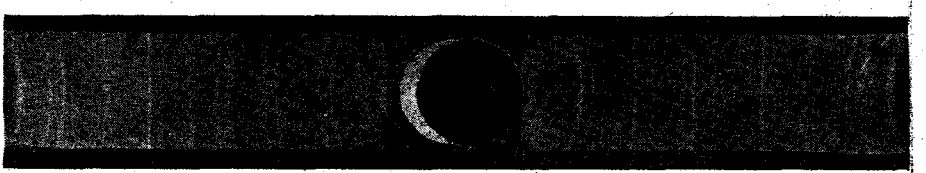


Рис. 3. Порошкограмма альмандина № 629 4/13 с примесью NaCl.

от простых целых чисел. Излучению λ_β они не могут быть обязаны своим присутствием, так как в области малых углов должны непременно присутствовать и соответствующие им линии от излучения λ_α, а последних здесь не находим. Может быть только линия № 3 является следствием λ_β-излучения от плоской сетки (400).

Таблица 1

Альмандин № 629 4/13

№№ линий	без NaCl				№№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	sin θ	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$	hkl	a_0
	I_1	$2\theta_1$	$\Delta 2\theta_1$	θ		I_2	$2\theta_2$	$\Delta 2\theta_2$	θ_2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1	25,52	0,05	15°53′	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73′	14°40′	0,253	(3,82	3,46	—	—
2	2	28,12	0,05	17 30	1	1	28,07	0,15	17°28′	—	—	—	—	—	—	64	16 26	0,283	3,42	(3,10)	—	—
—	—	—	—	—	2	½	29,07	0,15	18 06	2	17°19′	47′	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1	29,48	0,05	18 21	3	½	29,30	0,0	18 14	—	—	—	—	—	—	60	17 21	0,298	(3,24)	2,94	(400) β	[11,763]
—	—	—	—	—	4	3	30,25	0,05	18 50	4	18 09	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	7	32,80	0	20 25	5	3	32,63	0,10	20 18	—	—	—	46′	19°32′	53′	53	19 32	0,334	2,892	2,622	(400)	11,568
—	—	—	—	—	6	10	33,22	0,05	20 42	9	20 06	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	½	34,70	0,10	21 36	7	½	34,92	0,05	21 44	—	—	—	—	—	—	49	20 47	0,355	(2,725)	2,470	(332) β	11,592
6	10	36,47	0,05	22 42	8	10	36,25	0,0	22 34	—	—	—	41	21 53	49	46	21 56	0,373	2,589	2,347	(420), (422) β	11,578
7	4	38,18	0,05	23 46	9	1	38,17	0,05	23 46	—	—	—	—	—	—	44	23 02	0,391	2,471	2,240	(332), (510), (431) β	11,592
8	6	40,05	0	24 56	10	5	40,02	0,05	24 55	—	—	—	38	24 17	39	42	24 14	0,411	2,356	2,136	(422)	11,541
9	6	41,75	0,05	25 59	11	4	41,77	0,05	26 00	—	—	—	—	—	—	40	25 19	0,428	2,261	(2,050)	(510), (431), (440) β	11,530
—	—	—	—	—	12	4	43,07	0,05	26 49	3	26 08	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	6	45,00	0	28 01	13	4	44,92	0,05	27 58	—	—	—	—	—	—	38	27 23	0,460	2,102	1,906	(521)	11,516
11	1	46,22	0,10	28 47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	28 10	0,472	2,049	(1,857)	(440)	11,587
—	—	—	—	—	14	9	47,78	0,05	29 45	10	29 05	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	7	50,98	0,05	31 44	15	6	50,88	0,05	31 41	—	—	—	32	31 09	35	35	31 09	0,517	1,869	1,694	(611), (532), (631) β	11,524 11,471
13	2	52,28	0,05	32 33	16	1	52,15	0,15	32 28	—	—	—	—	—	—	34	31 59	0,530	(1,826)	1,655	(444) β	
—	—	—	—	—	17	1	53,27	0,05	33 10	2	32 39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	4	54,47	0,10	33 54	18	1	54,33	0,10	33 49	—	—	—	—	—	—	34	33 20	0,549	(1,760)	1,595	(640) β	11,509
15	5	56,52	0,05	35 11	19	5	56,65	0,10	35 16	—	—	—	—	—	—	33	34 38	0,568	1,702	1,542	(631), (642) β	11,548
16	7	58,05	0,15	36 07	20	6	57,92	0,05	36 04	—	—	—	30	35 34	33	33	35 34	0,582	1,663	(1,507)	(444)	11,545
—	—	—	—	—	21	7	59,50	0,0	37 03	6	36 32	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	9	60,75	0,10	37 51	22	8	60,72	0,05	37 48	—	—	—	30	37 18	33	32	37 19	0,606	1,595	1,446	(640), (800) β	11,502

№№ линий	без NaCl				№№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda\beta}{2\sin\theta}$	hkl	a_0
	I_1	$2\theta_1$	$\Delta 2\theta_2$	θ		I_2	$2\theta_2$	$\Delta 2\theta_2$	θ_2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
18	10	63,32	0,15	39°26′	23	9	63,18	0,05	39°20′	—	—	—	29	38°51′	35	31	38°55′	0,628	1,539	(1,395)	(642)	11,519
19	6	68,48	0,05	42 38	24	2	68,48	0,05	42 38	—	—	—	—	—	—	30	42 08	0,671	1,441	(1,306)	(800)	11,531
20	3	69,68	0,10	43 23	25	1	69,73	0,10	43 25	—	—	—	—	—	—	30	42 53	0,680	(1,421)	1,288	(840) β	11,527
—	—	—	—	—	26	2	70,47	0,05	43 53	4	43°25′	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	4	71,72	0,15	44 38	27	$1^1/_2$	71,77	0,10	44 41	—	—	—	—	—	—	29	44 09	0,696	(1,388)	1,258	(842) β	11,539
22	8	78,85	0,10	49 05	28	6	78,87	0,05	49 07	—	—	—	27	48 40	25	28	48 37	0,750	1,289	1,168	(840), (853) β	11,527
23	9	81,33	0,10	50 38	29	10	81,25	0,0	50 35	10	50 13	22	—	—	—	27	50 11	0,768	1,259	(1,141)	(842)	11,538
24	6	83,97	0,05	52 17	30	4	83,88	0,10	52 14	—	—	—	26	51 48	29	27	51 50	0,786	1,230	(1,115)	(664)	11,538
25	3	85,32	0,20	53 07	31	2	85,18	0,05	53 02	—	—	—	—	—	—	26	52 41	0,795	1,216	(1,102)	(475), (657) β	11,535
26	2	89,02	0,05	55 26	32	3	89,12	0,05	55 30	—	—	—	—	—	—	26	55 00	0,819	(1,181)	1,070	(864) β	11,531
27	6	91,00	0	56 39	33	4	90,87	0,05	56 35	—	—	—	24	56 11	28	25	56 14	0,831	1,163	1,054	(853), (10·4·2) β	11,515
—	—	—	—	—	34	8	92,73	0,05	57 44	10	57 19	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	3	94,97	0,05	59 08	35	$^1/_2$	94,97	0,30	59 08	—	—	—	—	—	—	24	58 44	0,855	1,131	(1,026)	(862)	11,535
29	1	99,50	0	61 57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	61 34	0,879	1,100	(0,997	(657)	11,533
—	—	—	—	—	36	$^1/_2$	102,22	0,15	63 39	2	63 14	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	10	104,17	0,05	64 52	37	9	104,20	0,0	64 53	—	—	—	23	64 30	22	22	64 30	0,903	1,071	(0,971	(864)	11,539
31	9	107,53	0,05	66 58	38	7	107,53	0,10	66 57	—	—	—	22	66 35	23	21	66 37	0,918	1,054	(0,955	(10·4·2)	11,541
32	3	112,62	0,05	70 07	39	1	112,17	0,10	69 51	—	—	—	—	—	—	20	69 47	0,938	(1,031	0,934	(10·6·4) β (12·2·2)	11,522

Средн. $a_0 = 11{,}537$ Å

max $a_0 = 11{,}537 + 0{,}055$ Å

min $a_0 = 11{,}537 - 0{,}066$ Å

На порошкограмме альмандина с примесью каменной соли присутствует 39 линий. При этом 10 из них являются линиями каменной соли, и одна из интенсивных линий граната накладывается на ее линию. Некоторые, слабой интенсивности линии альмандина на этой порошкограмме отсутствуют.

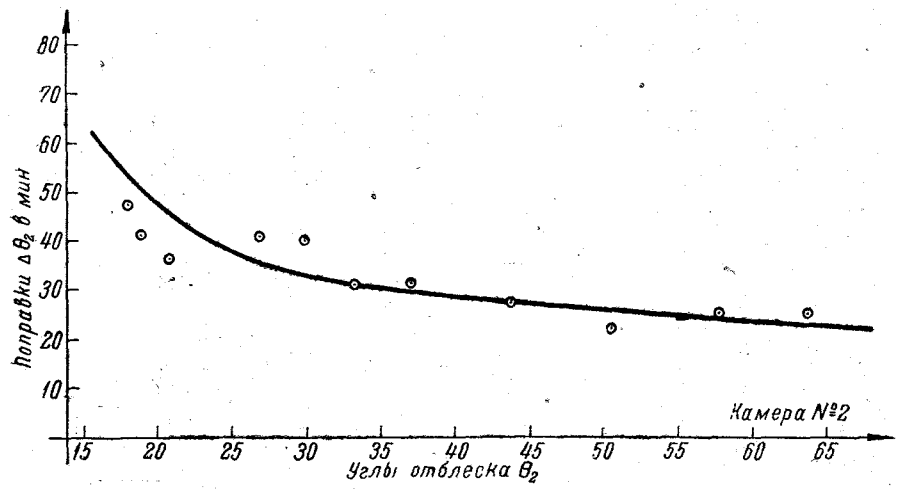


Рис. 4. График 1 альмандина с NaCl. Поправки для углов отблеска θ_2

г) Расчетные данные для обеих порошкограмм представлены в табл. 1.

Для построения первого графика поправок использованы все 11 линий каменной соли (рис. 4).

Для построения второго графика использованы 9 линий характерного комплекса граната, а вместо линии № 23 (линия характерного комплекса — совпадает с линией NaCl) взята интенсивная линия № 24 и для сокращения интервалов между точками графика еще линии №№ 8 и 27 (рис. 5).

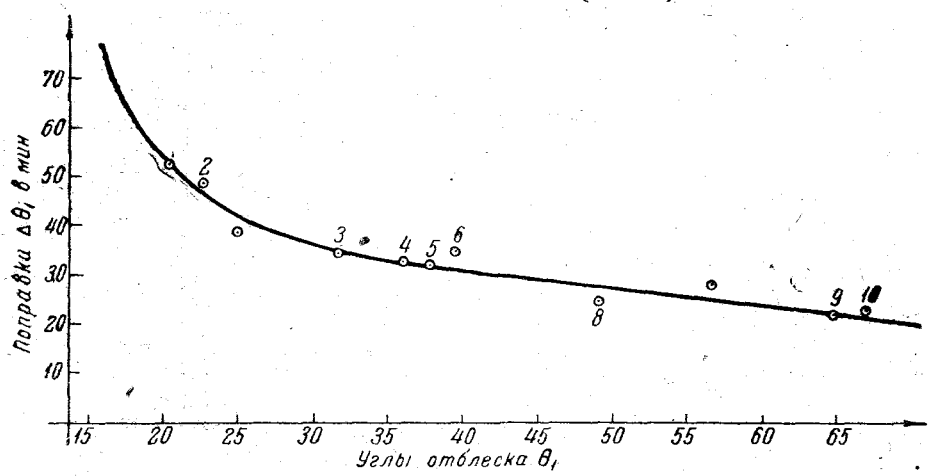


Рис. 5. График 2 альмандина. Поправки для углов отблеска θ_1.

В качестве линий характерного комплекса граната приняты 10 наиболее интенсивных линий порошкограммы. Все они вызваны излучением λ_α железа.

д) Чтобы возможно было судить о точности полученных нами данных, сравним их с данными Menzer для альмандина из месторождения Falun. Но прежде следует заметить, что непосредственные данные Menzer не совсем удобны для сравнения с нашими, так как они получены при других условиях (Menzer снимал с медным антикатодом), а величины межплоскостных расстояний не приведены. Menzer дает значения углов отблеска $\frac{\vartheta}{2}\left(\frac{\vartheta}{2}=\theta\right)$, $\sin^2\frac{\vartheta}{2}$, суммы квадратов индексов

Таблица 2

Относительные интенсивности, углы отблеска θ, $\sin\theta$, межплоскостные расстояния d и символы плоских сеток (hkl) для линий характерного комплекса альмандина.

№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl	№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl
1	7	19°32′	0,334	2,892	(400)	6	10	38 55	0,628	1,539	(642)
2	10	21 56	0,373	2,589	(420), (422)β	7	8	48 37	0,750	1,289	(840), (853)β
3	7	31 09	0,517	1,869	(611), (631)β (532)	8	9	50 11	0,768	1,259	(842)
4	7	35 34	0,582	1,663	(444)	9	10	64 30	0,903	1,071	(864)
5	9	37 19	0,606	1,595	(640), (800)β	10	9	66 37	0,918	1,054	(10·4·2)

плоских сеток, индексы этих сеток, величины Q_α и Q_β ($Q = \frac{\sin^2\theta}{h^2+k^2+l^2} = \text{const}$, для кубической сингонии) и интенсивности линий, наблюденные и вычисленные.

По приведенным углам отблеска $\frac{\vartheta}{2}$ нами были найдены значения $\sin\frac{\vartheta}{2}$ и затем по формуле $\frac{d}{n} = \frac{\lambda_{Cu}}{2\sin\frac{\vartheta}{2}}$ при $\lambda_{Cu} = 1{,}539$ Å были вычислены межплоскостные расстояния.

Сопоставление данных приводится в табл. 3.

е) В результате сопоставления видим, что величины d для альмандина № 629 4/13 и альмандина из месторождения Falun не очень разнятся между собой. На порошкограмме нашего минерала имеются некоторые лишние линии по сравнению с линиями порошкограммы Menzer №№ 5, 13, 20, 21, 25, главным образом линии от излучения λ_β, хотя есть и от λ_α-излучения, как, например, линия № 25 возможной плоской сетки (475), и наоборот.

Следует заметить, что несмотря на сравнительно близкое соответствие величин d, значения параметров a_0 отличаются довольно сильно.

Альмандин № 629 4/13; $a_0 = 11{,}537\ ^{+0{,}055}_{-0{,}066}$ Å

Альмандин из месторождения Falun: $a_0 = 11{,}515 \pm 0{,}031$ Å.

Но это различие почти полностью объясняется самим способом получения этих средних значений.

Значение параметра альмандина № 629 4/13 найдено как среднее арифметическое из значений a_0 для всех линий, Menzer принимал в расчет лишь значения a_0 для линий с большими углами отблеска, для которых погрешности опыта почти = 0. Последнее, конечно, более правильно. Но при применении железного антикатода мы имеем на порошкограмме очень немного линий с большими углами отблеска, и конечно их недостаточно для определения среднего значения a_0.

Таким образом минералы можно считать совершенно тождественными.

2. Гроссуляр $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$

б) Образец Горного музея № 629 1/16. Кавказ (Кедабекский завод). Зеленовато-желтые кристаллы.

Хим. анализ Fährer по C. F. Rammelsberg (3):

Окислы	Весовые %	Привед. к 100%	Молекулярн. количества		Молекулярные отношения	Формула
CaO	35,85	36,11	0,644	667	2,97≃3	$3R''OR_2'''O_3\ 3SiO_2$
MnO	1,58	1,59	0,023			$3(Ca, Mn)O.Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
Al_2O_3	22,73	22,89	0,225	225	1,00≃1	
SiO_2	39,12	39,41	0,656	656	2,92≃3	CaO : MnO = 28 : 1
п. п. п.	0,16	—				

Таблица 3

Сравнение данных для альмандина № 629 4/13 с данными Menzer (2)

Альмандин № 629 4/13					Альмандин из м-ния Falun					Величина расхождения между d Menzer и d автора
№	I	$\sin\theta$	$\frac{d}{n}=\frac{\lambda_{Fe}}{2\sin\theta}$	hkl	№	I	$\sin\theta_{Fe}$	$\frac{d}{n}=\frac{\lambda_{Cu}}{2\sin\theta_{Cu}}$	hkl	
1	1	0,253	(3,82	—	—	—	—	—	—	—
2	2	0,283	3,42	—	—	—	—	—	—	—
3	1	0,298	2,94	(400)β	1	(0,3)	0,299	2,93	(400)β	—0,01
4	7	0,334	2,892	(400)	2	1,8	0,335	2,889	(400)	—0,003
5	1/2	0,355	2,470	(332)β	—	—	—	—	—	—
6	10	0,373	2,589	(420), (422)β	3	0,5 3,8	0,373	2,593	(420), (422)β	0,004
7	4	0,391	2,471	(332), (510)$_\beta$ (431)β	4	0,7	0,390	2,480	(233), (510)$_\beta$ (431)β	0,009
8	6	0,411	2,356	(422)	5	0,9	0,408	2,368	(422)	0,012
9	6	0,428	2,261	(510), (431), (440)β	6	0,9	0,427	2,265	(510), (431), (440)β	0,005
10	6	0,460	2,102	(521)	7	0,9	0,459	2,107	(215)	0,006
11	1	0,472	2,049	(440)	8	(0,3)	0,474	2,041	(440)	—0,008
12	7	0,517	1,869	(611), (532), (631)β	9	1,5	0,515	1,876	(253), (611), (631)β	0,007
13	2	0,530	1,655	(444)β	—	—	—	—	—	—
14	4	0,549	1,595	(640)β	10	0,5	0,545	1,609	(415), (640)β	0,014
15	5	0,568	1,542	(631), (642)β	11	0,6	0,566	1,549	(631), (642)β	0,006
16	7	0,582	1,663	(444)	12	0,9	0,580	1,666	(444)	0,003
—	—	—	—	—	13	(0,3)	0,592	1,635	(435)	—
17	9	0,606	1,595	(640), (800)β	14	2,8	0,607	1,599	(640), (800)β	0,004
—	—	—	—	—	15	(0,3)	0,615	1,572	(633)	—
18	10	0,628	1,539	(642)	16	3,7	0,628	1,541	(642)	0,002
—	—	—	—	—	17	(0,4)	0,650	1,488	?	—
19	6	0,671	1,441	(800)	18	1,0	0,671	1,441	(800)	±0,000
20	3	0,680	1,288	(840)β	—	—	—	—	—	—
21	4	0,696	1,258	(842)β	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	19	(0,4)	0,733	1,320	?	—
22	8	0,750	1,289	(840), (853)β	20	1,2	0,750	1,289	(840)	±0,000
23	9	0,768	1,259	(842)	21	2,2	0,772	1,258	(842)	—0,001
24	6	0,786	1,230	(664)	22	0,9	0,786	1,230	(664)	±0,000
25	3	0,795	1,216	(475), (657)β	—	—	—	—	—	—
26	2	0,819	1,070	(864)β	23	0,4	0,814	1,078	(637), (864)β	0,007
27	6	0,831	1,163	(853), (10·4·2)β	24	0,8	0,830	1,164	(853), (10·4·2)β	0,001
—	—	—	—	—	25	(0,3)	0,847	1,143	(277),	—
28	3	0,855	1,131	(862)	26	0,8	0,856	1,130	(10·1·1)	—0,001
—	—	—	—	—	27	(0,3)	0,866	1,117	(862)	—
29	1	0,879	1,100	(657)	28	0,6	0,877	1,102	(439)	0,002
—	—	—	—	—	29	0,6	0,879	1,082	(657)	—
30	10	0,903	1,071	(864)	30	3,0	0,905	1,069	(871)	—0,002
31	9	0,918	1,054	(10·4·2)	31	2,2	0,920	1,051	(864)	—0,003
32	3	0,938	0,934	(10·6·4)$_\beta$ (12·2·2)β	32	0,5	0,935	0,938	(10·4·2) (10·6·4)$_\beta$ (12·2·2)β	0,003

Анализ, данный в таблице, довольно близок с анализами II, III и IV, которые приводит для гроссуляра Menzer (2).

Потери при прокаливании при расчете анализа не приняты во внимание. Марганец по возможной изоморфии с кальцием объединен с последним. В резуль-



Рис. 6. Порошкограмма гроссуляра № 629 1/16.

тате после пересчета на молекулярные отношения получаем формулу, близко отвечающую стандартной формуле гроссуляра.

Анализ показывает совершенно ничтожный избыток Al_2O_3, не выходящий за пределы неизбежных ошибок опыта (11).



Рис. 7. Порошкограмма гроссуляра № 629 1/16 с примесью NaCl.

в) Порошкограммы чистого гроссуляра и гроссуляра с примесью каменной соли были получены в одной и той же камере № 4 с $D = 46{,}00$ *мм* при силе тока в трубке 9 mA.

Экспозиция для первой составляла $25^1/_2$ *час*, для второй 19 *час*.

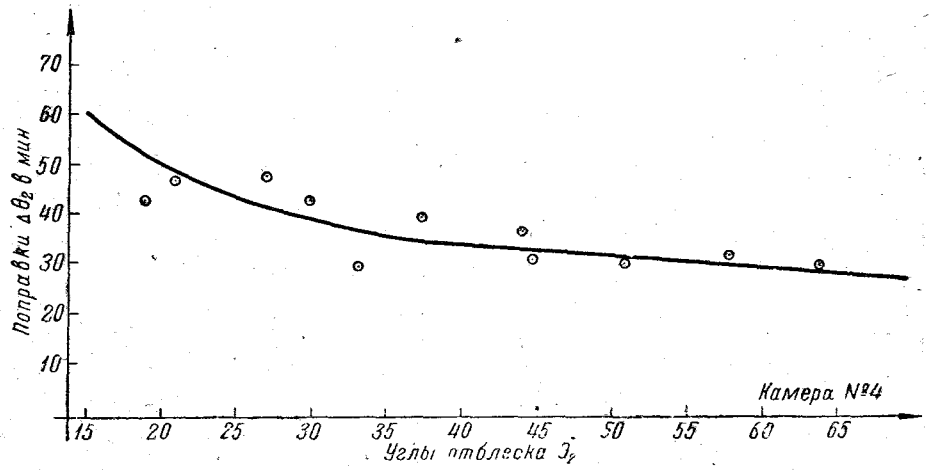


Рис. 8. График 3 гроссуляра с NaCl. Поправки для углов отблеска θ_2.

Качество обеих порошкограмм примерно одинаково. Линии достаточно тонкие и четкие (рис. 6 и 7).

На первой порошкограмме можно различить 35 линий. На второй—37, из них 6 линий каменной соли и 6 накладываются с ее линиями.

г) Расчетные данные приводятся в табл. 4.

Для построения графика поправок использованы 11 линий каменной соли (рис. 8).

Таблица 4

Гроссуляр № 629 1/16 (камера № 4)

№№ линий	без NaCl				№№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	sin θ	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2 \cdot \sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2 \cdot \sin\theta}$	hkl	α_0
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	3	28,75	0,10	17°54′	1	1	28,30	0	17°37′	—	—	—	—	—	—	63	16°51′	0,290	3,34	3,02	(400)β	[11,83]
—	—	—	—	—	2	2	28,88	0,10	17 59	2	17°19′	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1	30,48	0,05	18 59	3	3	30,28	0,05	18 51	4	18 09	49	—	—	—	59	18 00	0,309	3,13	(2,84)	(321)	[11,71]
3	8	31,97	0,10	19 54	4	7	31,83	0,05	19 50	—	—	—	51	18°59′	55	57	18 57	0,325	2,978	2,699	(400)	11,911
4	1	33,93	0,10	21 08	5	10	33,55	0,10	20 53	9	20 06	47	—	—	—	54	20 14	0,346	2,796	2,534	(411), (330)	[11,863]
5	10	35,60	0,0	22 10	6	10	35,57	0,10	22 09	—	—	—	47	21 21	48	52	21 18	0,363	2,662	2,413	(420), (422)β	11,905
6	4	37,22	0,10	23 10	7	2	37,23	0,15	23 11	—	—	—	—	—	—	50	22 20	0,380	2,545	2,307	(332), (431)β (510)β	11,936
7	6	39,12	0,05	24 22	8	6	39,10	0	24 21	—	—	—	—	—	—	48	23 34	0,400	2,419	(2,192)	(422)	11,849
8	6	40,75	0,10	25 22	9	6	40,75	0	25 22	—	—	—	—	—	—	46	24 36	0,416	2,323	(2,106)	(431), (510)	11,845
—	—	—	—	—	10	5	43,25	0,10	26 56	3	26 08	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	6	43,80	0	27 16	11	5	43,73	0,05	27 14	—	—	—	—	—	—	43	26 33	0,447	2,163	(1,961)	(521)	11,849
10	2	44,82	0,20	27 54	12	2	44,75	0	27 52	—	—	—	—	—	—	42	27 12	0,457	(2,116)	1,918	(611)β (532)β	11,827
11	1/2	47,97	0,30	29 52	13	10	47,85	0	29 48	10	29 05	43	—	—	—	40	29 12	0,488	1,982	(1,797)	(600), (442)	[11,893]
12	8	49,75	0	30 59	14	8	49,57	0,10	30 52	—	—	—	39	30 13	46	39	30 20	0,505	1,915	1,736	(611), (532), (631)β	11,803
13	2	50,83	0,05	31 39	15	2	50,92	0,15	31 42	—	—	—	—	—	—	38	31 01	0,515	1,877	1,701	(620), (444)β	11,792
14	4	52,93	0,05	32 57	16	4	52,72	0,20	32 50	—	—	—	—	—	—	38	32 19	0,535	(1,809)	1,640	(640)β	11,830
—	—	—	—	—	17	4	53,23	0,05	33 09	2	32 39	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	5	55,12	0,10	34 19	18	6	55,18	0,05	34 22	—	—	—	—	—	—	36	33 43	0,555	1,742	1,579	(631), (642)β	11,826
16	7	56,37	0,05	35 07	19	7	56,50	0	35 11	—	—	—	36	34 25	42	36	34 31	0,567	1,707	(1,547)	(444)	11,823
17	9	59,00	0	36 44	20	9	58,88	0,05	36 40	—	—	—	35	36 04	39	35	36 09	0,590	1,639	1,486	(640)	11,821
—	—	—	—	—	21	9	59,75	0	37 12	6	36 32	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

№№ линий	без NaCl				№№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$	hkl	a_0
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
18	10	61,50	0	38°18′	22	10	61,50	0	38°18′	—	—	—	35	37°43′	35	35	37°43	0,612	1,581	(1,433)	(642)	11,829
19	7	66,77	0,10	41 23	23	7	66,48	0,05	41 24	—	—	—	34	40 50	33	34	40 49	0,654	1,479	(1,341)	(800)	11,835
20	3	67,70	0,15	42 09	24	3	67,63	0,05	42 07	—	—	—	—	—	—	33	41 36	0,664	(1,457)	1,320	(840)β	11,814
21	4	69,67	0,10	43 23	25	3	69,50	0	43 17	—	—	—	—	—	—	33	42 50	0,680	(1,422	1,289	(842)β	11,823
—	—	—	—	—	26	7	70,73	0,05	44 02	4	43°25′	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	2	71,50	0	44 31	27	3	71,75	0,10	44 41	2	44 09	32	—	—	—	33	43 58	0,694	(1,393)	1,263	(664)β	11,853
23	1	72,70	0,10	45 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	44 43	0,704	1,374	1,246	(831, (750), (743)	11,825
24	1	74,22	0,15	46 06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	45 34	0,714	1,354	1,228	(275)	[11,960]
25	8	76,18	0,05	47 26	28	8	76,18	0,05	47 26	—	—	—	33	46 53	33	32	46 54	0,730	1,324	(1,200	(840) (853)β	11,845
26	9	78,77	0,05	49 03	29	9	78,75	0	49 02	—	—	—	33	48 29	34	32	48 31	0,749	1,291	(1,170)	(842)	11,830
27	5	81,07	0,10	50 29	30	10	81,48	0,05	50 44	10	50 13	31	—	—	—	32	49 57	0,766	1,263	(1,145)	(664)	11,850
28	2	82,32	0,15	51 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	50 44	0,774	1,249	(1,132)	(475)	11,849
29	3	85,70	0,15	53 22	31	4	85,85	0,20	53 27	—	—	—	—	—	—	31	52 51	0,797	(1,213)	1,100	(864)β	11,850
30	5	87,50	0	54 29	32	7	87,25	0	54 20	—	—	—	—	—	—	31	53 58	0,809	1,196	1,084	(853), (10·4·2)β	11,838
31	2	91,97	0,10	57 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	56 45	0,836	1,156	1,048	(862), (880)β	11,820
—	—	—	—	—	33	9	92,90	0	57 52	10	57 19	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	10	99,50	0,10	61 57	34	10	99,50	0	61 57	—	—	—	30	61 27	30	30	61 27	0,878	1,101	(0,998)	(864)	11,857
33	9	102,45	0,10	63 48	35	10	102,37	0,10	63 45	2	63 14	31	—	—	—	30	63 18	0,893	1,082	(0,981)	(10·4·2)	11,857
34	5	106,50	0,10	66 19	36	4	106,20	0,10	66 08	—	—	—	—	—	—	30	65 49	0,912	(1,060)	0,961	(10·6·4)β, (12·2·2)β	11,855
35	7	108,68	0,30	67 40	37	8	108,67	0,15	67 40	—	—	—	29	67 11	29	30	67 10	0,922	1,049	(0,951	(880)	11,871

Средн. $a_0 = 11{,}846$ Å

max. $a_0 = 11{,}846 + 0{,}090$ Å

min. $a_0 = 11{,}846 - 0{,}044$ Å

Для построения второго графика послужили 9 линий характерного комплекса и две интенсивных линии № 19 и № 35 (рис. 9).

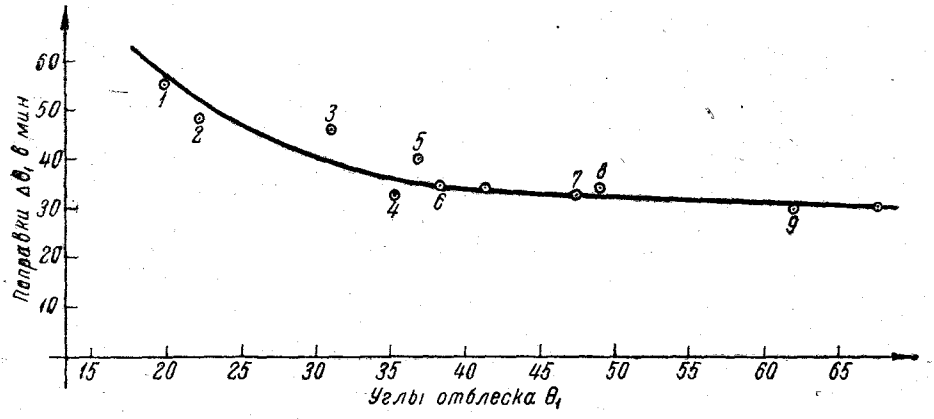


Рис. 9. График 4 гроссуляра. Поправки для углов отблеска θ_1.

Характер расположения линий на порошкограмме гроссуляра совершенно аналогичен таковому для альмандина, и такие же 10 интенсивных линий вошли в комплекс характерных линий гроссуляра.

Табл. 5 дает характерный комплекс линий порошкограммы гроссуляра.

Таблица 5

Линии характерного комплекса гроссуляра

№№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl	№№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl
1	8	18°57′	0,325	2,978	(400)	6	10	37°43′	0,612	1,581	(642)
2	10	21 18	0,363	2,662	(420)	7	8	46 54	0,730	1,324	(840)
3	8	30 20	0,505	1,915	(611), (532)	8	9	48 31	0,749	1,291	(842)
4	7	34 31	0,567	1,707	(444)	9	10	61 27	0,878	1,101	(864)
5	10	36 09	0,590	1,639	(640)	10	9	63 18	0,893	1,082	(10·4·2)

д) В табл. 6 приводится сравнение полученных для гроссуляра № 629 1/16 данных с данными Menzer. Последние были получены таким же путем, как указывалось для альмандина.

е) В результате сравнения видим, что и у гроссуляра появились некоторые лишние линии №№ 2, 4, 11, 23, 24, а некоторые из линий отсутствуют.

Расхождения в величинах d довольно незначительны и очень близки по своим значениям величины параметров для гроссуляра № 629 1/16 $a_0 = 11{,}846 \pm \frac{0{,}090}{0{,}044}$ Å и гроссуляра из месторождения Xalostoc (Film 87) $a_0 = 11{,}842 \pm 0{,}022$ Å.,

При выводе среднего арифметического значения a_0 для гроссуляра № 629 1/16 не были приняты в расчет значения a_0 для линий №№ 1, 2, 4, 11, 24 — заключены в квадратные скобки, по тем соображениям, что они очень слабой интенсивности и для них не находим соответствующих у Menzer.

Может быть эти отражения являются следствием присутствия посторонних примесей. Но в таком случае весьма интересным является тот факт, что вычисленные для них значения a_0 не очень сильно отклоняются от его среднего значения.

б) Амфиболы (моногирной сингонии)

а) Для членов группы амфиболов моногирной сингонии B. Warren (5) считает типичной структуру тремолита. Они принадлежат к планаксиальному (призматическому) виду симметрии моногирной сингонии. Возможная пространственная

Таблица 6

Сравнение данных для гроссуляра № 629 1/16 с данными Menzer (2)

Гранат № 629 1/16 Г. М.					Гроссуляр из месторождения Xalostoc (Menzer)											
					Film 87					Film 55					Величина расхождения между *d* Menzer 87, *d* Menzer 55 и *d* автора	
№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*	№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*	№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3	0,290	3,02	(400)β	1	0,4	0,292	2,99	(400)β	1	0,3	0,293	2,98	(400)β	—0,030	—0,040
2	1	0,309	3,13	(321)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	8	0,325	2,978	(400)	2	0,4; 3,7	0,326	2,970	(400)	2	0,8; 4;0	0,329	2,935	(400); (420)β	—0,008	—0,043
4	1	0,346	2,796	(411); (330)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	10	0,363	2,662	(420); (422)β	3	0,5; 6,7	0,364	2,657	(420)	3	2,0; 0,8	0,366	2,640	(420); (422)β	—0,005	—0,022
6	4	0,380	2,545	(332); (510)β (431)β	4	0,5	0,381	2,536	(233); (510)β (431)β	4	0,7	0,383	2,524	(233)	—0,009	—0,021
7	6	0,400	2,419	(422)	5	1,0	0,399	2,425	(422)	5	1,3	0,405	2,413	(422); (215)β	0,006	—0,006
8	6	0,416	2,323	(431); (510)	6	1,0	0,415	2,328	(431); (510)	6	1,0	0,418	2,311	(431); (510)	0,005	—0,012
9	6	0,447	2,163	(521)	7	(0,3) 1,0	0,446	2,169	(215)	7	0,9	0,447	2,162	(215)	0,005	—0,002
10	2	0,457	(2,116)	(611)β (532)β	8	0,3	0,462	2,092	(440)	—	—	—	—	—	—0,024	—
11	1/2	0,488	1,982	(600); (422)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	8	0,505	1,915	(611); (532) (631)β	9	0,3; 2,5	0,502	1,927	(611); (253)	8	2,5	0,505	1,914	(253); (611)	0,012	—0,001
13	2	0,515	1,701	(620); (444)β	10	(0,3)	0,516	1,701	(620); (444)β	—	—	—	—	—	—0,001	—
14	4	0,535	1,640	(640)β	11	0,5	0,531	1,652	(415); (640)β	9	0,4	0,534	1,642	(415); (640)β	0,012	0,002
15	5	0,555	1,579	(631); (642)β	12	1,0	0,551	1,593	(631); (642)β	10	0,5	0,551	1,592	(631); (642)β	0,013	0,012
16	7	0,567	1,707	(444)	13	1,0	0,564	1,714	(444)	11	0,8	0,570	1,698	(444)	0,007	—0,009
—	—	—	—	—	14	0,3	0,576	1,678	(435)	—	—	—	—	—	—	—
17	9	0,590	1,639	(640)	15	3,3	0,588	1,644	(640)	12	3,0	0,593	1,631	(640)	0,005	—0,008
—	—	—	—	—	16	0,3	0,598	1,616	(633) (255)	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Гранат № 629 1/16 Г. М.					Гроссуляр из месторождения Xalostoc (Menzer)												
					Film 87					Film 55					Величина расхождения между *d* Menzer 87, *d* Menzer 55 и *d* автора	
№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*	№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*	№№	*I*	sin θ	*d*	*hkl*		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	10	0,612	1,581	(642)	17	6,0	0,611	1,582	(642)	13	5,0	0,614	1,575	(642)	0,001	—0,006
19	7	0,654	1,479	(800)	18	1,0	0,652	1,484	(800)	14	0,8	0,658	1,471	(800)	0,005	—0,008
20	3	0,664	1,320	(840)β	19	0,3	0,662	1,327	(840)β	—	—	—	—	—	0,006	—
21	4	0,680	1,289	(842)β	20	0,4	0,675	1,300	(842)β	—	—	—	—	—	0,010	—
22	2	0,694	1,263	(664)β	—	—	—	—	—	15	0,4	0,696	1,260	(660); (664)β	—	—0,003
23	1	0,704	1,246	(831);(750);(743)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	— —	—	—
24	1	0,714	1,354	(275)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	8	0,730	1,324	(840); (853)β	21	1,5	0,730	1,325	(840)	16	0,9	0,733	1,319	(840)	0,001	—0,005
26	9	0,749	1,291	(842)	22	2,8	0,748	1,293	(842)	17	2,0	0,753	1,285	(842)	0,002	—0,006
27	5	0,766	1,263	(664)	23	1,0	0,766	1,264	(664)	18	0,8	0,769	1,258	(664)	0,001	—0,005
28	2	0,774	1,249	(475)	24	0,3	0,774	1,249	(475)	—	—	—	—	—	±0,000	—
29	4	0,797	1,100	(864)β	25	0,5	0,793	1,107	(864)β	19	0,4	0,800	1,095	(637); (864)β	0,007	—0,005
30	5	0,809	1,196	(853); (10·4·2)β	26	1,2	0,808	1,198	(853)	20	0,3	0,814	1,189	(853); (10·4·2)β	0,002	—0,007
31	2	0,836	1,156	(862); (880)β	27	0,8	0,833	1,053	(862)	—	—	—	—	—	0,003	—
—	—	—	—	—	28	0,3	0,855	1,131	(295)	—	—	—	—	—	—	—
32	10	0,878	1,101	(864)	29	3,5	0,879	1,098	(864)	21	2,3	0,886	1,092	(864)	—0,003	—0,009
33	9	0,893	1,082	(10·4·2)	30	2,5	0,894	1,082	(10·4·2)	22	1,5	0,890	1,075	(10·4·2)	±0,000	—0,007
34	5	0,912	0,961	(10·6·4)β (12·2·2)β	31	0,5	0,909	0,966	(10·6·4)β (12·2·2)β	23	(0,3)	0,914	0,959	(10·6·4)β (12·2·2)β	—0,005	—0,002
35	7	0,922	1,049	(880)	32	2,5	0,923	1,048	(880)	24	1,5	0,929	1,041	(880)	—0,001	—0,008

группа C_{2h}^3. В элементарной ячейке тремолита имеется 78 атомов — 4Ca.10Mg, 16Si и 48O.

На основании этих структурных данных B. Warren показал, что выведенная из химических анализов формула тремолита $CaMg(SiO_3)_4$ неверна и должна быть изменена на формулу такого вида: $H_2Ca_2Mg_5(SiO_3)_8$. Последняя является типичной для остальных моногирных амфиболов. Для них могут быть получены формулы из данной посредством замещения в ней структурно эквивалентных ионов.

Для минералов актинолита и роговой обманки B. Warren найдены размеры элементарной ячейки:

Актинолит: $a = 9{,}8$ Å; $b = 17{,}9$ Å; $c = 5{,}27$ Å.

Роговая обманка: $a = 9{,}8$ Å; $b = 17{,}9$ Å; $c = 5{,}28$ Å.

Значения a получены не прямым измерением, а посредством вычисления из величин b и c по отношению кристаллографических осей.

3. Роговая обманка — $(OH, F)_2(Na, Ca, K, Mn)_{2-3}(Mg, Fe, Ti, Mn, Al)_5(Si, Al)_8O_{22}$

б) Образец роговой обманки № 818/13 Горного музея. Урал (Ильменские горы).

Длинные, шестоватые, темнозеленого цвета, сросшиеся с темной слюдой кристаллы по описанию Д. Белянкина (8) из пегматитовых жил.

Данные химического анализа (8):

Компоненты	Весовые %%	Молек. кол-ва	Число ионов O, OH, F	Число ионов металлов на 24 иона (O, OH, F)		Группировка ионов	Примечание
SiO_2	49,72	0,828	1,656	7,25		8,00	Для формулы ильменской рогообманки получили отношения между „изоморфными" группами элементов 1,83 : 3,05 : 4,60 : 8,00 или, округляя, 2 : 3 : 5 : 8. Для стандартной рогообманки имеем соответственно: 2 : (2—3) : 5 : 8. Таким образом формулу ильменской рогообманки можно написать. $(OH,F)_2(Ca, Na, K)_3(Mg, Fe, Ti, Mn, Al)_5(Si, Al)_8O_{22}$. Следует заметить, что наблюдается сильный недостаток MgO и избыток CaO, т. е. анализ не совсем хорошо укладывается в формулу Warren.
Al_2O_3	4,78	0,047	0,141	0,82	0,75		
TiO_2	0,47	0,006	0,012	0,05	0,07		
Fe_2O_3	4,48	0,028	0,084	0,49		4,60	
MgO	14,98	0,372	0,372	3,26			
FeO	5,66	0,079	0,079	0,69			
MnO	0,38	0,005	0,005	0,04			
Na_2O	2,93	0,047	0,047	0,82		3,05	
CaO	12,73	0,227	0,227	1,99			
K_2O	1,33	0,014	0,014	0,24			
H_2O	1,33	0,074	0,074	1,30		1,83	
F	1,14	0,060	0,060	0,53			
$F_2=O$	99,93 — 48 99,45	$F_2=O$	2,772 0,030 2,742				

Стандартная формула рогообманки приведена согласно данным Warren (5).

Окислы анализа расположены по возрастанию ионного радиуса входящих в них металлов.

Al объединен с Si на том основании, что по размерам ионного радиуса первый способен замещать кремний в кремнекислородных тетраэдрах. Частично Al может также замещать Mg. На основании близости размеров ионных радиусов объединены вместе Ti, $Fe^{\cdots}$, Mg, $Fe^{\cdot\cdot}$, Mn и Na_2, Ca, K_2.

Числа атомов металлов при выведении формулы вычислены по базису (принятому Warren для моногирных амфиболов) — 24 (O, OH, F).

в) Порошкограммы для чистой роговой обманки и роговой обманки в смеси с каменной солью получены в камере № 2, при силе тока в трубке 9 mA. Экспозиция для первой $25^1/_2$ *час*, для второй 31 *час*. Линии на порошкограммах сравнительно четкие (рис. 10 и 11).

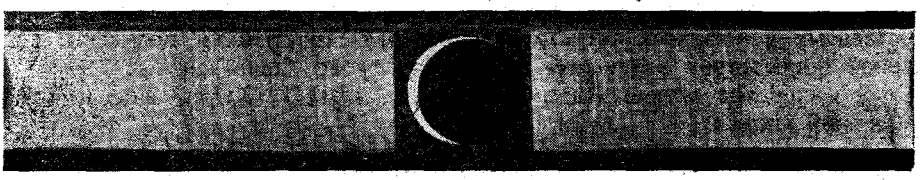


Рис. 10. Порошкограмма роговой обманки № 818/13.

На первой порошкограмме возможно было различить 47, а на второй лишь 46 линий. 9 линий принадлежат каменной соли, при этом 6 из них накладываются на линии рогобманки.

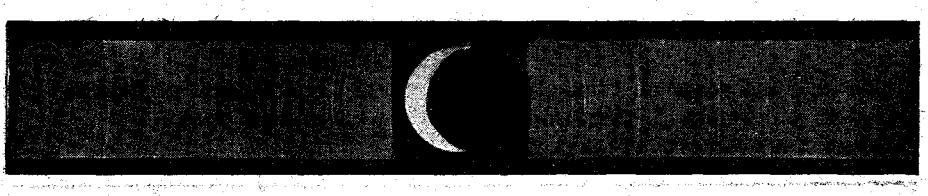


Рис. 11. Порошкограмма роговой обманки № 818/13 с примесью NaCl.

Для построения первого графика пришлось воспользоваться всеми линиями каменной соли (рис. 12).

г) Расчетные данные для обеих порошкограмм приведены в табл. 7.

Для построения второго графика, кроме линии характерного комплекса, использованы еще интенсивные линии №№ 8, 13, 39, 44 (рис. 13).

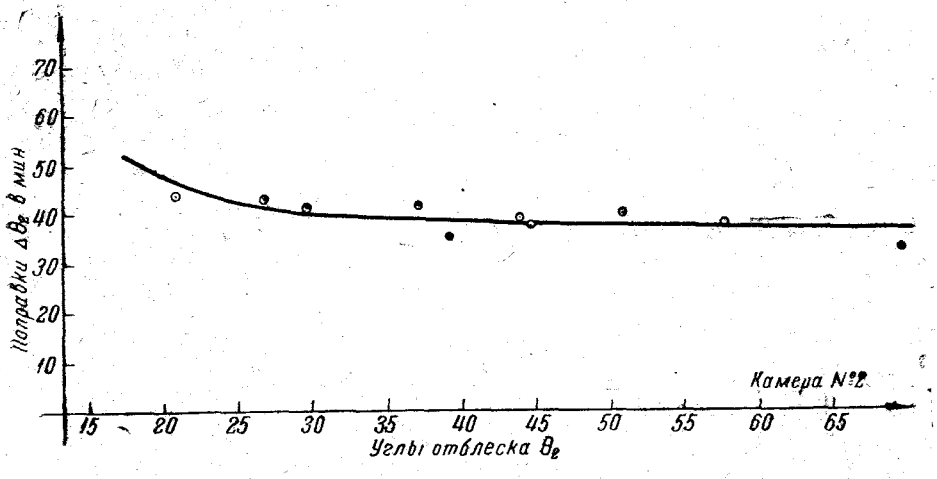


Рис. 12. График 5 Ильменской рогобманки с NaCl. Поправки для углов отблеска Θ_2.

Для порошкограммы роговой обманки очень характерно присутствие четырех интенсивных линий, занимающих, примерно, средину половины снимка. Все они являются дублетными. Для крайней линии от центра порошкограммы дублетная имеет несколько бо́льшую интенсивность, чем остальные дублетные линии. Также характерно расположение группы линий у центра порошкограммы и двух линий по краям порошкограммы.

Таблица 7

Ильменская роговая обманка № 818/13

№№	без NaCl				№№	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	4	27,78	0,10	17°18′	1	3	27,82	0,05	17°19′	—	—	—	—	—	—	58′	16°20′	0,281	(3,44	3,12
2	4	28,87	0,05	17 59	2	4	28,93	0,10	18 01	—	—	—	—	—	—	57	17 02	0,293	3,30	2,99
3	9	30,20	0	18 48	3	9	30,20	0,	18 48	—	—	—	49′	17°49′	59	55	17 53	0,307	3,15	(2,85)
4	5	31,93	0,10	19 53	4	3	31,97	0,10	19 54	—	—	—	—	—	—	53	19 00	0,326	(2,970	2,692
5	3	33,53	0,05	20 53	5	10	33,47	0,05	20 50	9	20 06	44	—	—	—	52	20 01	0,342	(2,825)	2,561
6	10	34,93	0,05	21 45	6	8	34,78	0,05	21 39	—	—	—	46	20 53	52	51	20 54	0,357	2,711	(2,457)
7	6	36,73	0,10	22 43	7	6	36,28	0,05	22 35	—	—	—	—	—	—	50	21 53	0,373	2,595	(2,352)
8	8	37,25	0,10	23 12	8	7	37,20	0,	23 09	—	—	—	44	22 25	47	49	22 23	0,381	2,539	(2,302
9	1	39,52	0,05	24 36	9	1	39,83	0,10	24 48	—	—	—	—	—	—	48	23 48	0,404	(2,396)	2,172
10	6	40,80	0,15	25 21	10	6	40,67	0,05	25 19	—	—	—	—	—	—	47	24 34	0,416	2,326	(2,108)
11	2	41,50	0,20	25 50	11	2	41,57	0,10	25 51	—	—	—	—	—	—	46	25 04	0,423	2,282	(2,069)
12	½	43,23	0,05	26 55	12	4	43,12	0,05	26 51	3	26 08	43	—	—	—	46	26 09	0,441	(2,194	(1,989
13	8	44,03	0,10	27 25	13	7	44,03	0,10	27 25	—	—	—	41	26 44	41	45	26 40	0,449	2,155	(1,953)
14	4	46,70	0,30	29 05	14	3	46,50	0	28 48	—	—	—	—	—	—	44	28 21	0,475	2,036	(1,846)
15	6	47,20	0,10	29 23	15	3	47,28	0,20	29 26	—	—	—	—	—	—	43	28 39	0,479	2,017	(1,828)
—	—	—	—	—	16	10	47,82	0,05	29 46	10	29 05	41	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1	48,98	0,25	30 30	17	1	49,35	0,25	30 23	—	—	—	—	—	—	43	29 47	0,497	1,947	(1,765)
17	1	50,46	0,10	31 25	18	2	50,25	0,05	31 25	—	—	—	—	—	—	42	30 43	0,511	1,893	(1,716)
18	2	51,58	0,25	32 07	19	2	51,23	0,05	31 54	—	—	—	—	—	—	42	31 25	0,521	1,855	(1,682
19	3	53,18	0,10	33 07	20	3	53,27	0,05	33 10	—	—	—	—	—	—	41	32 26	0,536	1,803	1,634
20	3	55,33	0,15	34 27	21	2	55,22	0,05	34 23	—	—	—	—	—	—	41	33 46	0,556	(1,740)	1,577
21	5	57,55	0,10	35 50	22	2	57,47	0,10	35 47	—	—	—	—	—	—	40	35 10	0,576	1,679	1,522
22	8	58,88	0,05	36 40	23	5	58,77	0,05	36 35	—	—	—	39	35 56	44	40	36 00	0,588	1,645	1,491
23	1	60,45	0,10	37 32	24	6	59,78	0,05	37 13	6	36 32	41	—	—	—	40	36 59	0,602	1,607	(1,457)
24	8	61,92	0,05	38 33	25	5	61,80	0,10	38 29	—	—	—	39	37 50	43	39	37 54	0,614	1,574	1,427

Продолжение

№№	без NaCl				№№	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_0$	$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{эксп.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	—	—	—	—	26	2	62,82	0,05	39°07′	1	38°32′	35	—	—	—	—	—	—	—	—
25	5	64,06	0,10	39°53′	27	3	64,06	0,25	39 53	—	—	—	—	—	—	39	39 14	0,632	1,529	(1,386)
26	9	65,27	0,05	40 39	28	8	65,42	0,20	40 44	—	—	—	38	40 05	33	39	40 00	0,643	1,504	1,364
27	2	67,18	0,05	41 50	29	3	67,05	0,15	41 45	—	—	—	—	—	—	39	41 11	0,658	(1,469)	1,331
28	10	69,00	0	42 58	30	9	69,00	0	42 58	—	—	—	38	42 19	38	38	42 19	0,673	1,436	1,302
29	1	71,10	0,15	44 16	31	5	70,82	0,05	44 04	4	43 25	39	—	—	—	38	43 38	0,690	(1,401)	1,270
—	—	—	—	—	32	2	71,93	0,15	44 47	2	44 09	38	—	—	—	—	—	—	—	—
30	7	73,75	0,15	45 55	33	7	73,53	0,10	45 47	—	—	—	—	—	—	38	45 17	0,711	1,361	(1,234)
31	8	75,68	0,10	47 07	34	7	75,55	0,15	47 02	—	—	—	38	46 24	43	38	46 29	0,725	1,334	(1,209)
32	5	77,50	0	48 15	35	5	77,27	0,05	48 07	—	—	—	—	—	—	38	47 37	0,739	1,309	1,187)
33	8	78,98	0,05	49 11	36	7	78,92	0,05	49 08	—	—	—	38	48 30	41	38	48 33	0,749	1,290	(1,170
34	2	80,17	0,25	49 55	37	2	79,68	0,15	49 37	—	—	—	—	—	—	37	49 17	0,758	1,276	(1,157)
35	1	81,03	0,10	50 27	38	10	81,72	0,20	50 53	10	50 13	40	—	—	—	37	49 49	0,764	1,266	(1,147)
36	½	83,37	0,35	51 55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	51 18	0,780	(1,239	(1,123
37	½	84,40	0,20	52 34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	51 57	0,787	1,228	(1,113)
38	½	85,50	0	53 14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	52 37	0,794	1,217	(1,103)
39	6	87,78	0,05	54 40	39	3	87,70	0,20	54 36	—	—	—	37	53 58	41	37	54 02	0,809	(1,195	1,083
40	3	91,27	0,10	56 50	40	1	91,27	0,05	56 50	—	—	—	—	—	—	37	56 13	0,831	(1,163)	1,055
41	2	93,15	0,10	58 00	41	10	93,07	0,10	57 57	10	57 19	38	—	—	—	36	57 23	0,842	(1,148)	1,041
42	3	95,87	0,10	59 36	42	1	95,92	0,25	59 43	—	—	—	—	—	—	36	59 00	0,857	(1,128	(1,023
43	1	100,92	0,30	62 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	62 14	0,885	(1,093	(0,991
44	8	103,13	0,05	64 13	43	8	103,10	0	64 12	—	—	—	37	63 35	38	36	63 37	0,896	1,079	(0,978
45	2	106,32	0,20	66 12	44	3	106,10	0,15	66 04	—	—	—	—	—	—	36	65 36	0,911	(1,062	(0,962
46	10	108,97	0,10	67 51	45	9	109,00	0	67 52	—	—	—	37	67 15	36	36	67 15	0,922	1,049	(0,950
47	8	112,00	0	69 44	46	7	111,92	0,25	69 41	—	—	—	37	69 04	40	36	69 08	0,934	1,035	(0,938

Интенсивные линии порошкограммы роговой обманки вошли в комплекс характерных линий. Нужно заметить, что многие линии, не вошедшие в этот комплекс, имеют сравнительно большую интенсивность.

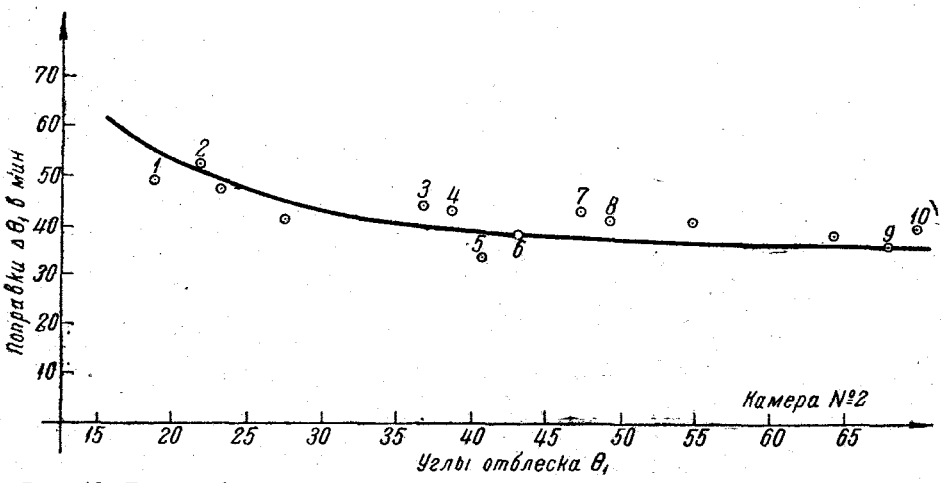


Рис. 13. График 6 Ильменской рогобманки. Поправка для углов отблеска θ_1.

4. Актинолит $H_2Ca_2(Mg, Fe)_5(SiO_3)_8$

б) Образец № 6/243 из коллекции по месторождению Изумрудные копи. Прозрачные кристаллики бутылочно-зеленого цвета, с тальком.
Анализ выполнен Ю. Н. Книпович.

Компоненты	Весовые %	Молекул. количества	Число ионов O, OH, F	Число ионов металлов на 24 иона (O, OH, F)	Группировка ионов	
SiO_2	55,74	0,928	1,856	7,81	7,87	В результате пересчета получили отношения между „изоморфными" группами элементов: 2, 16 : 2, 05 : 5, 21 : 7, 87 или, округляя до целых чисел. 2 : 2 : 5 : 8
Al_2O_3	0,36	0,004	0,012	0,06		
TiO_2	нет	—	—	—		
Cr_2O_3	0,17	0,001	0,003	0,02		
Fe_2O_3	0,89	0,002	0,006	0,03		
NiO	0,15	0,002	0,002	0,02		
MgO	21,57	0,535	0,535	4,50	5,21	Для стандартной формулы актинолита имеем отношение: 2 : 2 : 5 : 8
Li_2O	следы	—	—	—		
FeO	5,15	0,072	0,072	0,61		
MnO	0,28	0,004	0,004	0,03		
Na_2O	0,45	0,007	0,007	0,12		Таким образом формулу для актинолита изумрудных копей можно написать:
CaO	12,50	0,223	0,223	1,88	2,05	
K_2O	0,30	0,003	0,003	0,05		
конст. H_2O	2,02	0,112	0,112	1,89	2,16	$(OH, F)_2$ $(Ca, Na, K)_2$ $(Mg, Fe, Mn)_5$ $(Si, Al)_8$ O_{22}
F	0,61	0,032	0,032	0,27		
P_2O_5	следы	—	—	—		
V_2O_5	нет	—	—	—		
CO_2	0,06	—	—	—		
гигр. H_2O	нет	—	—	—		
$-O=F_2$	100,25 —0,26	$-O=F_2$	2,867 —,016			
	99,99		2,851			

Стандартная формула для актинолита заимствована у Warren (5).

Пересчет настоящего анализа на химическую формулу был произведен аналогично выводу формулы роговой обманки.

Таблица 8

Линии характерного комплекса роговой обманки

№№	*I*	*θ*	sin *θ*	*d*	№№	*I*	*θ*	sin *θ*	*d*
1	8	17° 53′	0,307	3,15	6	9	40° 00′	0,643	1,504
2	10	20 54	0,357	2,711	7	10	42 19	0,673	1,436
3	8	26 40	0,449	2,155	8	8	46 29	0,725	1,334
4	8	36 00	0,588	1,645	9	10	67 15	0,922	1,049
5	8	37 53	0,614	1,574	10	8	69 08	0,934	1,035

Принятые во внимание при пересчете окислы Cr_2O_3 и NiO являются не совсем обычными для анализа актинолита.

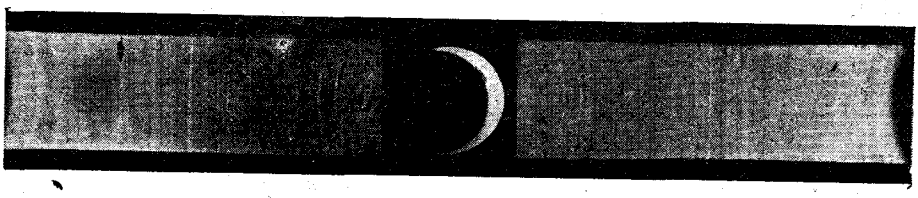


Рис. 14. Порошкограмма актинолита № 6/243.

в) Чистый актинолит и актинолит с каменной солью экспонировались в камере № 2 с $D = 46$ *мм* — первый в течение $22^2/_3$ *час*, второй в течение $23^1/_3$ *час*. Средняя сила тока в трубке 9 mA.

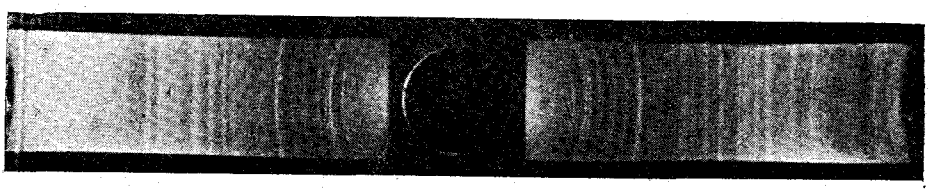


Рис. 15. Порошкограмма актинолита № 6/243 с примесью NaCl.

Несмотря на большую вуаль, линии на порошкограммах сравнительно четкие (рис. 14 и 15).

На первой порошкограмме присутствуют 54 линии, на второй 47.

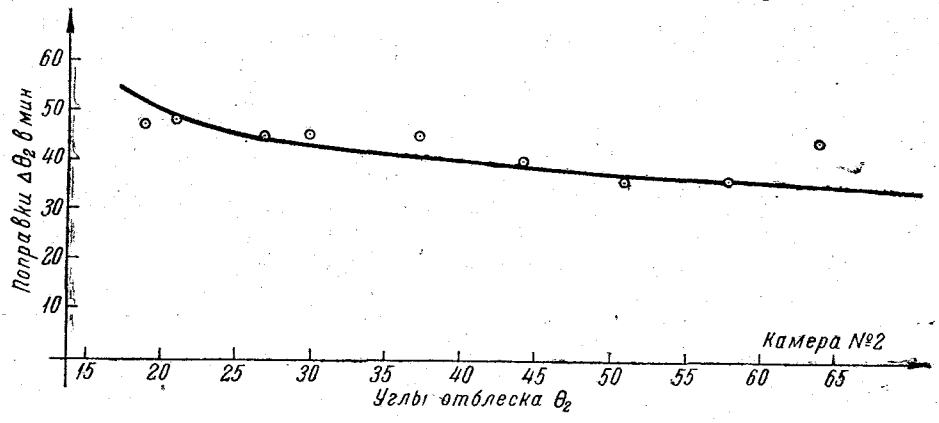


Рис. 16. График 7 актинолита с NaCl. Поправки для углов отблеска θ_2.

Для последней порошкограммы 8 линий совпадают с линиями каменной соли, и лишь одна линия принадлежит собственно каменной соли.

Для построения первого графика послужили все линии каменной соли (рис. 16).

Таблица 9

Актинолит

№№	без NaCl				№№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl}=\theta_2-\theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0=\theta_2-\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1=\theta_1-\theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	21,20	0,10	13°12′	1	1	21,17	0,10	13°11′	—	—	—	—	—	—	61′	12°11′	0,211	4,58	(4,15)
2	2	22,62	0,15	14 05	2	½	22,73	0,10	14 09	—	—	—	—	—	—	59	13 06	0,227	4,30	(3,87)
3	3	24,48	0,05	15 14	3	1	24,50	0	15 14	—	—	—	—	—	—	57	14 17	0,247	3,92	(3,55)
4	2	25,38	0,20	15 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56	14 52	0,257	(3,77)	3,42
5	1	26,18	0,05	16 18	4	1	26,33	0,10	16 23	—	—	—	—	—	—	55	15 23	0,265	(3,65)	3,30
6	6	27,85	0,10	17 20	5	3	27,88	0,05	17 22	—	—	—	54′	16°28′	52	53	16 27	0,283	3,42	3,10
7	6	28,92	0,05	18 00	6	3	28,92	0,05	18 00	—	—	—	—	—	—	52	17 08	0,295	3,28	(2,98)
8	9	30,25	0	18 49	7	6	30,43	0,05	18 56	4	18°09′	47′	—	—	—	51	17 58	0,309	3,14	(2,84)
9	4	31,80	0,10	19 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	18 59	0,325	(2,973)	2,695
10	6	32,17	0,05	20 02	8	3	32,13	0,20	20 00	—	—	—	—	—	—	49	19 13	0,321	2,938	(2,663
11	5	33,82	0,15	21 03	9	9	33,57	0,15	20 54	9	20 06	48	—	—	—	48	20 15	0,346	2,794	2,532
12	10	34,92	0,15	21 44	10	8	34,95	0	21 46	—	—	—	48	21 02	42	47	20 57	0,558	2,705	(2,451)
13	6	36,40	0,20	22 39	11	4	36,47	0,05	22 43	—	—	—	—	—	—	46	21 53	0,373	2,595	(2,352
14	8	37,33	0,05	23 08	12	5	37,42	0,05	23 18	—	—	—	—	—	—	46	22 22	0,381	2,541	(2,303
15	2	39,63	0,20	24 28	13	1	39,77	0,10	24 46	—	—	—	—	—	—	45	23 43	0,402	(2,404)	2,179
16	7	40,75	0,10	25 22	14	4½	40,65	0,10	25 19	—	—	—	45	24 34	48	44	24 38	0,417	2,320	(2,103)
17	3	41,50	0,20	25 50	15	3	41,73	0,20	25 59	—	—	—	—	—	—	44	25 06	0,424	2,280	(2,066)
18	2	43,13	0,05	26 51	16	3	43,18	0,20	26 53	3	26 08	45	—	—	—	43	26 08	0,440	(2,195	1,990
19	8	43,97	0,10	27 23	17	4	44,05	0,20	27 25	—	—	—	44	26 41	42	43	26 40	0,449	2,155	(1,953)
20	4	46,82	0,15	29 09	18	1	46,45	0,15	28 55	—	—	—	—	—	—	42	28 27	0,476	2,030	(1,840)
21	7	47,37	0,20	29 29	19	4	47,46	0,15	29 33	—	—	—	—	—	—	42	28 47	0,482	2,008	(1,820
—	—	—	—	—	20	10	47,93	0,05	29 50	10	29 05	45	—	—	—	—	—	—	—	—
22	2	49,42	0,20	30 46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	30 04	0,501	1,930	(1,750)
23	3	50,80	0	31 37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	30 56	0,514	1,881	(1,705)
24	4	51,33	0,05	31 57	21	3	51,37	0,10	31 59	—	—	—	—	—	—	41	31 16	0,519	1,863	1,689
25	5	53,10	0,10	33 04	22	3	53,18	0,20	33 07	—	—	—	—	—	—	41	32 23	0,536	1,806	1,637
26	3	55,23	0,05	34 23	23	2	55,35	0	34 22	—	—	—	—	—	—	40	33 43	0,555	(1,742)	1,579

Продолжение

№№	без NaCl				№ линий	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl}=\theta_2-\theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0=\theta_2-\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1=\theta_1-\theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{испр.}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
27	5	57,57	0,20	35°50′	24	4	57,40	0	35°44′	—	—	—	—	—	—	40	35°10′	0,516	1,679	1,522
28	8	59,03	0,10	36 45	25	5	58,92	0,10	36 41	—	—	—	41	36 00	45	40	36 05	0,589	1,642	1,489
29	3	60,18	0,15	37 28	26	6	59,88	0,05	37 17	6	36°32′	45	—	—	—	40	36 48	0,599	1,614	(1,463)
30	8	61,83	0,05	38 30	27	7	61,80	0,10	38 29	—	—	—	40	37 48	41	39	37 51	0,614	1,576	1,429
31	3	62,98	0,05	39 13	28	1	62,92	0,25	39 11	—	—	—	—	—	—	39	38 34	0,623	1,551	(1,406)
32	5	64,18	0,05	39 57	29	1	64,28	0,10	40 01	—	—	—	—	—	—	39	39 18	0,633	1,527	(1,384)
33	9	65,17	0,05	40 35	30	8	65,30	0,10	40 39	—	—	—	40	39 59	36	39	39 56	0,642	1,507	1,366
34	3	67,22	0,05	41 51	31	1	67,42	0,10	41 59	—	—	—	—	—	—	39	41 12	0,659	(1,468)	1,331
35	10	69,22	0,05	43 06	32	8½	69,18	0,05	43 04	—	—	—	39	42 25	41	38	42 28	0,675	1,432	1,298
36	1	71,35	0,35	44 25	33	3	70,80	0	44 05	4	43 25	40	—	—	—	38	43 47	0,692	(1,398)	1,267
37	8	73,88	0,05	46 00	34	6	73,90	0	46 01	—	—	—	38	45 23	37	38	45 22	0,712	1,359	(1,232)
38	7	75,67	0,10	47 07	35	6	75,67	0,05	47 07	—	—	—	—	—	—	38	46 29	0,725	1,334	1,209
39	7	77,80	0,10	48 26	36	5	77,90	0,10	48 31	—	—	—	—	—	—	37	47 49	0,741	1,305	(1,183)
40	8	78,85	0,10	49 05	37	6	78,88	0,05	49 07	—	—	—	38	48 29	36	37	48 28	0,749	1,292	(1,171)
41	6	80,22	0,10	49 57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	49 20	0,759	1,275	(1,156)
42	4	80,87	0,05	50 21	38	8	81,62	0,15	50 49	10	50 13	36	—	—	—	37	49 44	0,763	1,267	(1,149)
43	2	84,18	0,05	52 25	39	1	84,28	0,10	52 29	—	—	—	—	—	—	37	51 48	0,788	1,231	(1,115
44	5	87,63	0,10	54 34	40	6	87,53	0,05	54 30	—	—	—	36	53 54	40	37	53 57	0,809	1,196	(1,084)
45	2	88,46	0,10	55 08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	54 31	0,814	1,188	(1,077
46	4	91,93	0,10	57 14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	56 38	0,835	(1,158)	1,050
47	3	93,12	0,20	57 59	41	9	93,00	0,10	57 55	10	57 19	36	—	—	—	36	57 23	0,842	(1,148)	1,041
48	4	96,20	0,10	59 54	42	2	96,18	0,10	59 53	—	—	—	36	59 17	37	36	59 18	0,860	(1,125	(1,019
49	2	98,17	0,10	61 08	43	1	98,48	0,20	61 19	—	—	—	—	—	—	36	60 32	0,871	(1,111	(1,007
—	—	—	—	—	44	4	102,72	0,15	63 58	2	63 14	34	—	—	—	—	—	—	—	—
50	8	103,10	0,20	64 12	45	4	103,73	0,30	64 35	—	—	—	—	—	—	36	63 36	0,896	(1,081	(0,980
51	4	104,15	0,10	64 51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	64 15	0,901	(1,074	(0,973
52	3	106,60	0,20	66 22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	65 47	0,912	(1,060	(0,961
53	10	109,43	0,20	68 08	46	7½	109,38	0,05	68 07	—	—	—	34	67 33	35	35	67 33	0,924	1,046	(0,948
54	8	113,23	0,15	70 30	47	4	113,15	0,25	70 27	—	—	—	34	69 53	37	35	69 55	0,939	1,030	(0,934

г) Данные, полученные из измерения и вычисления порошкограмм, приведены в таблице 9.

Для построения второго графика, кроме линий характерного комплекса, использованы интенсивные линии №№ 6, 16, 19, 44, 48 (рис. 17).

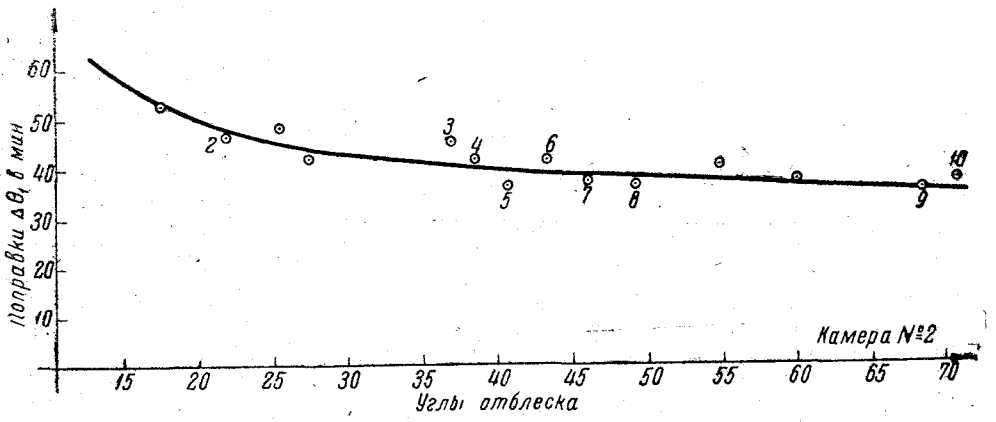


Рис. 17. График 8 актинолита. Поправки для углов отблеска θ_1.

В качестве линий характерного комплекса актинолита, за исключением лишь одной № 37, приняты линии, соответствующие линиям характерного комплекса роговой обманки.

Таблица 10

Характерный комплекс линий порошкограммы актинолита

№№	I	θ	$\sin\theta$	d	№№	I	θ	$\sin\theta$	d
1	10	17°58′	0,309	3,14	6	9	39°56′	0,642	1,507
2	10	20 57	0,358	2,705	7	10	42 28	0,675	1,432
3	8	26 40	0,449	2,155	8	8	45 22	0,712	1,359
4	8	36 05	0,589	1,642	9	10	67 33	0,924	1,046
5	8	37 51	0,614	1,576	10	8	69 55	0,939	1,030

д) В литературе расчетных данных для порошкограмм роговой обманки, актинолита или других минералов этой группы, найти не удалось, хотя многие из них изучались рентгенометрически и именно методом порошка.

В статье Rodolico (7) приведены снимки двух порошкограмм тремолита, не подвергавшегося прокаливанию и прокаленного.

Они были получены с целью установить различие или сходство в их структуре, чтобы таким образом судить о роли воды, входящей в формулу тремолита. К сожалению, качество фотографий таково, что ими не пришлось воспользоваться даже для наглядного сравнения с нашими.

Также в работе Scheumann и Lüdcke (6) приведены фотографии порошкограмм тремолита и двух синтетических роговых обманок, одна из которых по химическому составу очень близка к тремолиту, другая богата щелочами.

Здесь можно установить почти полное их тождество с нашими порошкограммами актинолита и роговой обманки, хотя первые получены при излучении серии K-меди и при большом диаметре камеры. Кроме того в работе приведено графическое изображение результатов измерения дебаеграмм тремолита и синтетической роговой обманки (по составу близкой к нему): значения углов отблеска линий и их наблюденные интенсивности.

Чтобы была некоторая уверенность в правильности полученных для актинолита и роговой обманки данных, мною для сравнения были вычислены из рентгено-

Таблица 11

Сравнение данных актинолита и роговой обманки с данными для тремолита

Актинолит		Роговая обманка		Тремолит			Величина расхождения между d рогобманки и d актинолита
d_1	I	d_1	I	d_1	hkl	I	
4,58	1	—	—	—	—	—	—
4,30	2	—	—	—	—	—	—
3,92	3	—	—	—	—	—	—
(3,77)	2	—	—	—	—	—	—
(3,65)	1	—	—	—	—	—	—
3,42	6	(3,44	4	—	—	—	0,02
3,28	6	3,30	4	—	—	—	0,02
3,14	9	3,15	9	3,08	310	сильн.	0,01
(2,973)	4	(2,97 0	5	—	—	—	— 0,003
2,938	6	} —	—	—	—	—	—
—	—	} (2,825)	—	—	—	—	—
2,794	5	} —	—	—	—	—	—
2,705	10	2,711	10	—	—	—	0,006
2,595	6	2,595	6	2,548	202	сильн.	± 0,000
2,541	8	2,539	8	2,525	002	оч. сильн.	— 0,002
(2,404)	2	(2,396)	1	—	—	—	— 0,008
2,320	7	2,326	6	—	—	—	0,006
2,280	3	2,282	2	—	—	—	0,002
(2,195)	2	(2,194	½	—	—	—	— 0,001
2,155	8	2,155	8	—	—	—	± 0,000
2,030	4	2,036	4	—	—	—	0,006
2,008	7	2,017	6	2,019	402	оч. сильн.	0,009
1,930	2	1,947	1	—	—	—	0,017
1,881	3	1,893	1	—	—	—	0,012
1,863	4	1,855	2	—	—	—	— 0,008
1,806	5	1,803	3	—	—	—	— 0,003
(1,742)	3	(1,740)	3	—	—	—	— 0,002
1,679	5	1,679	5	—	—	—	± 0,000
1,642	8	1,645	8	—	—	—	0,003
1,614	3	1,607	1	—	—	—	— 0,007
1,576	8	1,574	7	1,565	600	сильн.	— 0,002
1,551	3	—	—	—	—	—	—
1,527	5	1,529	5	1,583	602	—	0,002
1,507	9	1,504	9	—	—	—	— 0,003
(1,468)	3	(1,469)	2	—	—	—	0,001
1,432	10	1,436	10	—	—	—	0,004
(1,398)	1	(1,401)	1	—	—	—	0,003
1,359	8	1,361	7	—	—	—	0,002
1,334	7	1,334	8	—	—	—	± 0,000
1,305	7	1,309	5	—	—	—	0,004
1,292	8	1,290	8	—	—	—	— 0,002
1,275	6	1,276	2	1,267	404	сильн.	0,001
1,267	4	(1,266)	1	1,263	004	„	— 0,001
—	—	(1,239	½	—	—	—	—
1,231	2	1,228	½	—	—	—	— 0,003
—	—	1,217	½	—	—	—	—
1,196	5	(1,195	6	—	—	—	— 0,001
1,188	2	—	—	—	—	—	—
(1,158)	4	(1,163)	3	—	—	—	0,005
(1,148)	3	(1,148)	2	1,149	604	сильн.	± 0,000
(1,125	4	(1,128	3	—	—	—	0,003
(1,111	2	(1,093	1	—	—	—	— 0,018
(1,081	8	1,079	8	—	—	—	— 0,002
(1,074	4	—	—	—	—	—	—
(1,060	3	(1,062	2	—	—	—	0,002
1,046	10	1,049	10	—	—	—	0,003
1,030	8	1,035	8	—	—	—	0,005

граммы вращения величины d для некоторых наиболее плотных плоских сеток тремолита.

Согласно данным Warren (уже указывалось выше) тремолит является идентичным по своей структуре с названными минералами.

Данные, полученные при расчете рентгенограммы вращения (интенсивность линий и символы плоских сеток hkl) приведены в одной из работ Warren (4).

Величины межплоскостных расстояний d для плоских сеток были вычислены по квадратичной форме моногирной сингонии:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2 \sin^2\beta} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2 \sin^2\beta} - \frac{2hl\cos\beta}{ac\sin^2\beta},$$

где $a = 9{,}78$ Å; $b = 17{,}8$ Å; $c = 5{,}26$ Å и $\beta = 73°58'$.

Сопоставление данных для актинолита, роговой обманки и некоторых найденных для тремолита приводится в таблице 11.

е) Из сравнения величин d для актинолита и роговой обманки видно, что они довольно мало отличаются между собой, также не очень велики отклонения данных для тремолита.

Следует лишь заметить, что порошкограмма для роговой обманки несколько худшего качества, чем для актинолита, поэтому нередко наблюдается снижение интенсивностей для линий роговой обманки и в одном случае — двум близким линиям порошкограммы актинолита соответствует лишь одна различимая на порошкограмме роговой обманки.

Есть небольшое и принципиальное отличие в порошкограммах этих двух минералов. В области больших углов линии у актинолита несколько больше сдвинуты к краям фильма, чем у роговой обманки.

Нужно еще указать, что для структурно уже исследованных моногирных амфиболов следует ожидать сходных с полученными порошкограмм у купферита, грюнерита, глаукофана и базальтической роговой обманки (5). Такое обстоятельство, конечно, не может способствовать расчленению этих минералов посредством метода порошка из той или иной смеси.

5. Искусственный аналог благородной шпинели*

а) Сингония полигирная. Пространственная группа симметрии O_h^7.

В центрогранной элементарной ячейке с ребром $a_0 = 8{,}08$ Å содержится 8 молекул. **

Химический анализ искусственной благородной шпинели

Окислы	Весовые %%	Приведение к 100%	Мол. количества	1 вариант				2 вариант			
				$MgO \cdot Al_2O_3$	Al_2O_3	SiO_2	Мол. %%	$MgO \cdot Al_2O_3$	Al_2O_3	$2MgO \cdot SiO_2$	Мол. %%
MgO	25,00	25,09	647	1294			93,44	1258			90,84
Al_2O_3	74,10	74,38	729		082		5,92		100		7,20
SiO_2	0,52	0,53	009			009	0,64			027	1,96
Неопр. остаток	0,38	—									
	100,00	100,00	1385				100,00	1385			100,00

* Вместо — искусственный аналог благородной шпинели в дальнейшем для большей кратности будем говорить — искусственная благородная шпинель.

** Данные о структуре шпинели (по литературным источникам) приведены в работе В. И. Михеева (1).

№№	без NaCl				№№	с NaCl				I_{NaCl}	θ_{NaCl}	$\Delta\theta_{NaCl} = \theta_2 - \theta_{NaCl}$	$\Delta\theta_2$	$\theta_0 = \theta_2 - \Delta\theta_2$
	I_1	$2e_1$	$\Delta 2e_1$	θ_1		I_2	$2e_2$	$\Delta 2e_2$	θ_2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3	20,52	0,05	12°46′	1	3	20,70	0,15	12°53′	—	—	—	47	12°06′
2	1	22,13	0,05	13 46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1	25,32	0,15	15 46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	3	27,90	0	17 22	2	3	28,05	0,10	17 28	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	3	3	28,88	0,05	17 59	2	17°19′	40	—	—
5	3	30,02	0,05	18 41	4	5	30,18	0,10	18 47	4	18 09	38	—	—
6	6	33,13	0,05	20 38	5	9	33,18	0,05	20 40	9	20 06	34	—	—
7	5	35,20	0	21 55	6	4	35,23	0,05	21 56	—	—	—	38	21 18
8	9	39,02	0,15	24 17	7	8	39,05	0,10	24 19	—	—	—	37	23 42
9	1	40,83	0,05	25 25	8	2	40,95	0,10	25 30	—	—	—	—	—
10	4	42,90	0	26 43	9	5	43,05	0,15	26 48	3	26 08	40	—	—
11	9	47,50	0	29 34	10	10	47,70	0,10	29 42	10	29 05	37	—	—
12	3	52,75	0,15	32 50	11	3	53,23	0,05	33 09	—	—	—	—	—
13	5	56,85	0	35 24	12	4	56,82	0,05	35 23	—	—	—	34	34 49
14	6	59,37	0,05	36 58	13	8	59,72	0,05	37 11	6	36 32	39	—	—
15	5	62,53	0,10	38 56	14	3	62,78	0,10	39 05	—	—	—	—	—
16	8	63,63	0,10	39 37	15	7	63,78	0,10	39 43	—	—	—	33	39 10
17	10	70,50	0,15	43 50	16	10	70,28	0,05	43 53	4	43 25	28	—	—
—	—	—	—	—	17	3	71,82	0,10	44 43	2	44 09	34	—	—
18	2	72,67	0,05	45 15	18	2	72,85	0,25	45 22	—	—	—	—	—
19	4	74,55	0,15	46 25	19	3	74,40	0,30	46 20	—	—	—	32	45 48
—	—	—	—	—	20	3	78,67	0,30	48 59	1	48 30	29	—	—
20	5	81,15	0	50 32	21	9	81,47	0,10	50 43	10	50 13	30	—	—
21	8	85,15	0,20	53 01	22	6	85,22	0,05	53 04	—	—	—	31	52 33
22	3	87,10	0	54 14	23	1	87,18	0,05	54 17	—	—	—	—	—
23	4	89,47	0,10	55 43	24	2	89,28	0,15	55 35	—	—	—	—	—
24	8	92,38	0,20	57 31	25	9	92,97	0,10	57 53	10	57 19	34	—	—
25	4	96,82	0,15	60 17	26	1	96,83	0,20	60 18	—	—	—	29	59 49
26	4	99,48	0,25	61 44	27	3	99,60	0,20	62 01	—	—	—	—	—
27	2	102,75	0,10	63 59	28	4	102,25	0,15	63 40	2	63 14	26	—	—
28	8	105,07	0,10	65 25	29	5	105,07	0,20	65 25	—	—	—	28	64 57
29	9	110,50	0	68 48	30	8	110,53	0,10	68 49	—	—	—	27	68 22

ц а 12
родная шпинель

$\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_0$	$\Delta\theta$	$\theta_{\text{испр.}}$	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$	hkl	a_0
16	17	18	19	20	21	22	23
40	45′	12°01′	0,208	4,65	(4,21)	(111)	8,01
—	43	13 03	0,226	4,28	(3,88)	—	—
—	41	15 05	0,260	(3,72	(3,37)	—	—
—	40	16 42	0,287	3,37	(3,05)	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	38	18 03	0,310	(3,12)	2,83	(220)β	8,01
—	37	20 01	0,342	2,825	(2,561)	(220)	7,990
37	36	21 19	0,364	(2,660)	2,411	(311)β	8,001
35	35	23 42	0,402	2,406	(2,181)	(311)	7,979
—	34	24 51	0,420	2,301	(2,086)	(222)	7,971
—	34	26 09	0,441	(2,194)	1,989	(400)β	7,960
—	33	29 01	0,485	1,994	(1,807)	(400)	7,974
—	32	32 18	0,534	(1,810)	1,640	(422)β	8,040
35	32	34 52	0,572	(1,692	1,533	(511)β (333)β	7,971
—	32	36 26	0,594	1,628	(1,476)	(422)	7,977
—	31	38 25	0,621	(1,556)	1,411	(440)β	7,982
27	31	39 06	0,631	1,533	(1,390)	(511) (333)	7,966
—	30	43 20	0,686	1,409	(1,277)	(440)	7,971
—	—	—	—	—	—	—	—
—	30	44 45	0,704	1,374	1,245	—	—
37	30	45 55	0,718	1,346	1,220	(531), (533)β	8,000
—	—	—	—	—	—	—	—
—	29	50 03	0,767	1,261	1,143	(620)	7,978
28	29	52 33	0,794	1,218	1,104	(533)	7,987
—	29	53 45	0,806	(1,199	(1,087)	—	—
—	28	55 15	0,822	(1,177)	1,067	(642)β	7,985
—	28	57 03	0,839	1,152	1,045	(444), (553)β, (731)β	7,981
28	28	59 49	0,864	(1,119	(1,014	(551), (711)	7,991
—	27	61 17	0,877	(1,103	(0,999	(800)β	8,000
—	27	63 32	0,895	1,080	(0,979	—	—
28	27	64 58	0,906	1,067	(0,967	(642)	7,985
26	26	68 22	0,930	1,040	(0,943	(731), (553)	7,988

Средн. $a_0 = 7{,}987$ Å
max $a_0 = 7{,}987 + 0{,}053$ Å
min $a_0 = 7{,}987 - 0{,}027$ Å

б) Искусственная благородная шпинель получена путем синтеза в условиях каменнолитейной лаборатории А. Соколовым.

При пересчете анализа неопределимый остаток для простоты был отброшен. По сравнению со стандартной формулой благородной шпинели данные анализа показывают некоторое избыточное содержание Al_2O_3. Мы принимаем, что Al_2O_3 присутствует в виде полигирной модификации γ-Al_2O_3. О том, в каком виде присутствует SiO_2, делаем два предположения:

1) SiO_2 находится в свободном состоянии, 2) SiO_2 связана с MgO в виде форстерита.

Предположения эти необходимы для более точного выяснения процентного соотношения благородной шпинели и γ-Al_2O_3.

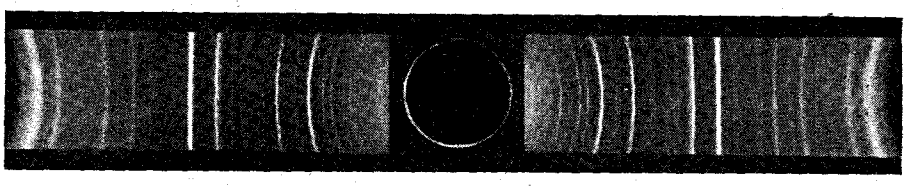


Рис. 18. Порошкограмма искусственной благородной шпинели.

Из таблицы видно, что для обоих случаев эти соотношения примерно остаются без изменения. (Для наших целей колебания в пределах единиц процентов не столь существенны). Знание соотношения важно, потому что вещество γ-Al_2O_3 обладает точно такой же структурой, как и благородная шпинель, но имеет меньшую величину параметра элементарной ячейки $a_0 = 7{,}895 \pm 0{,}006$ Å (9).

Благодаря своему структурному родству эти вещества способны давать смешанные кристаллы, при этом физические свойства последних находятся в прямой связи с молярной концентрацией конечных компонентов. Точно таким же образом в зависимости от их процентного соотношения меняется и величина параметра элементарной ячейки. E. Kordes на основании ряда данных смог изобразить эту зависимость графически. О соответствии данных химического анализа и полученных рентгенометрическим путем будет сказано несколько ниже.

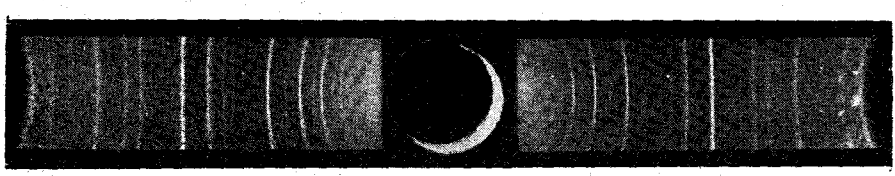


Рис. 19. Порошкограмма искусственной благородной шпинели с примесью NaCl.

в) Искусственная благородная шпинель и ее смесь с каменной солью экспонировались в одной и той же камере № 6 при силе тока в трубке для той и для другой в 9 mA. Порошкограмма для первой получена за 18 *час* экспозиции, вторая порошкограмма за $14^1/_2$ *час*.

Линии на порошкограммах очень четкие, но довольно широкие, особенно в области больших углов (рис. 18 и 19).

На первой порошкограмме присутствует 29 линий, но лишь 23 из них являются линиями шпинели, а остальные 6 вызваны, повидимому, посторонним веществом. Последние не расшифровывались. На второй 30 линий, притом 12 линий принадлежат каменной соли.

Для построения первого графика были использованы все линии каменной соли (рис. 20).

г) Данные порошкограмм первой и второй приведены в таблице 12.

Для построения второго графика, кроме 6 линий характерного комплекса (остальные 4 совпали с линиями каменной соли) были использованы линии № 1, 7, 13, 19 и 25 (рис. 21).

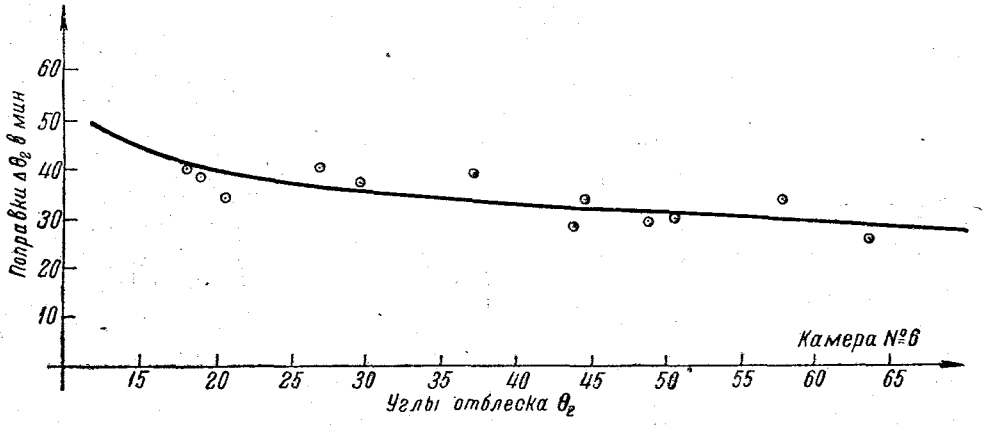


Рис. 20. График 9 искусственной шпинели с NaCl. Поправки для углов отблеска θ_2.

В число линий характерного комплекса порошкограммы искусственной благородной шпинели вошли линии, соответствующие линиям характерного комплекса естественной, за исключением лишь одной из них.

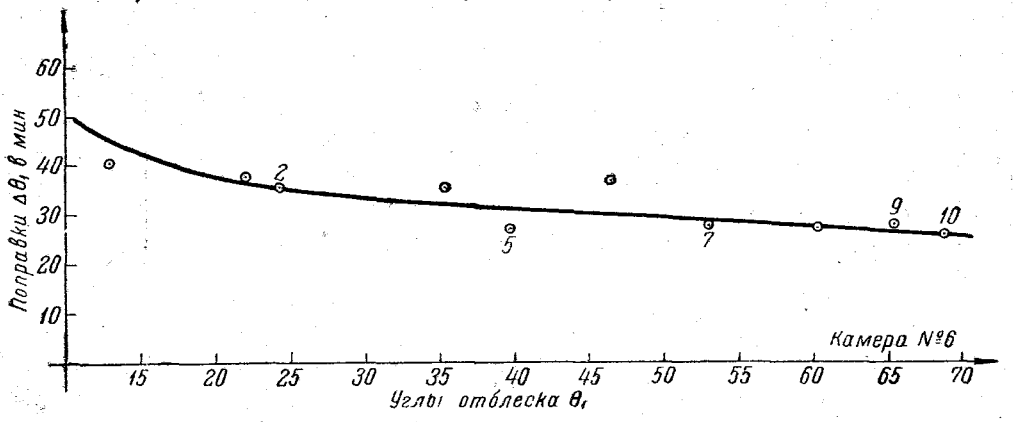


Рис. 21. График 10 искусственной шпинели. Поправки для углов отблеска θ_1.

В данном случае вместо линии (551) взята более интенсивная линия (422). Для естественной шпинели эти линии имеют одинаковую интенсивность, но предпочтение оказано первой, потому что ей соответствующая на порошкограмме магнетита имеет значительно меньшую интенсивность, а вторая имеет одинаковую интенсивность с соответственной линией магнетита (1).

Таблица 13

Характерный комплекс линий искусственной благородной шпинели

№№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl	№№	I	θ	$\sin\theta$	d	hkl
1	6	20°01′	0,342	2,825	(220)	7	8	52°33′	0,794	1,218	(533)
2	9	23 42	0,402	2,406	(311)	8	8	57 03	0,839	1,152	(444) (731)β
3	9	29 01	0,485	1,994	(400)						(553)β
4	6	36 26	0,594	1,628	(422)	9	8	64 58	0,906	1,067	(642)
5	8	39 06	0,631	1,533	(511); (333)	10	9	68 22	0,930	1,040	(731); (553)
6	10	43 20	0,686	1,409	(440)						

д) В таблице 14 приведено сопоставление данных для благородной искусственной и естественной шпинелей, при этом линии, вызванные примесями на порошкограмме искусственной шпинели, в таблицу не помещены.

Таблица 14

№№	Искусственная			Естественная			Величина расхождения между d естественной и d искусственной шпинелей
	I	hkl	d	I	hkl	d	
1	3	(111)	4,65	3	(111)	4,66	0,01
2	3	(220)β	2,83	2	(220)β	2,86	0,03
3	6	(220)	2,825	6	(220)	2,864	0,039
4	5	(311)β	2,411	5	(311)β	2,444	0,033
5	9	(311)	2,406	9	(311)	2,441	0,035
6	1	(222)	2,301	—	—	—	—
7	4	(400)β	1,989	4	(400)β	2,021	0,032
8	9	(400)	1,994	9	(400)	2,020	0,026
9	3	(422)β	1,640	2	(422)β	1,649	0,009
10	5	(511)β, (333)β	1,533	5	(511)β, (333)β	1,554	0,021
11	6	(422)	1,628	5	(422)	1,648	0,020
12	5	(440)β	1,411	4	(440)β	1,426	0,015
13	8	(511), (333)	1,533	9	(511), (333)	1,552	0,019
14	10	(440)	1,409	10	(440)	1,427	0,018
15	4	(531), (533)β	1,220	3	(533)β	1,232	0,012
16	5	(620)	1,261	3	(620)	1,279	0,018
17	8	(533)	1,218	7	(533)	1,231	0,013
18	4	(642)β	1,067	—	—	—	—
19	8	(444)	1,152	6	(444)	1,166	0,014
20	4	(551), (711)	1,119	5	(551), (711)	1,131	0,012
21	4	(800)β	0,999	2	(800)β	1,010	0,011
22	8	(642)	1,067	6	(642)	1,080	0,013
23	9	(731), (553)	1,040	10	(731), (553)	1,053	0,013

е) Из таблицы видно, что для всех линий искусственной шпинели величины d имеют несколько меньшие значения, чем у естественной. Это обусловлено различием в параметрах элементарных решеток для той и для другой. Для сравниваемой естественной шпинели параметр определен равным 8,04 Å, а для искусственной $a_0 = 7{,}987 \begin{matrix} +0{,}053 \\ -0{,}027 \end{matrix}$ Å. Такое уменьшение параметра, как уже указывалось выше, может быть вызвано присутствием γ-Al_2O_3.

Данные анализа для исследуемой шпинели дают некоторое избыточное содержание Al_2O_3. Однако нужно заметить, что этого избытка недостаточно для подобного уменьшения величины параметра. По графику Kordes (9) находим, что параметру величиной 7,787 Å соответствует избыточное содержание γ-Al_2O_3 примерно в 52%, тогда как найденное из данного анализа не превышает 8%. Такое расхождение, вероятно, вызвано неточностью данных анализа (технический анализ) и с точки зрения проверки правильности построения графика было бы интересным иметь анализ более тщательно выполненный. Кроме того это расхождение может быть вызвано еще тем, что среднее значение величины параметра найдено из значений a_0 для всех выявившихся линий порошкограммы шпинели, в то время как наиболее свободными от погрешностей опыта являются значения a_0 для линий с большими углами отблеска и которые, как видно из таблицы 12, несколько превышают выведенное среднее.

И наконец еще отмечаем, что на порошкограмме искусственной шпинели имеются две лишние линии по сравнению с порошкограммой естественной. Одна из них № 6 вызвана излучением λ_α, а другая № 18 довольно интенсивная — λ_β.

Сравнение порошкограмм изученных минералов

Из пяти изученных минералов дают отличные друг от друга, но сходные между собой порошкограммы следующие минералы: 1) гранаты — альмандин и гроссуляр, 2) амфиболы — роговая обманка и актинолит, 3) искусственная благородная шпинель.

Характер расположения линий (или узор) совершенно одинаков для порошкограмм альмандина и гроссуляра.

На схематическом чертеже (рис. 22) этих порошкограмм замечаем лишь, что имеются незначительные колебания в интенсивностях линий в сторону уменьшения для альмандина. Но, как правило, разница не превышает одного, двух баллов, еще реже трех, что находится в пределах возможных ошибок их оценки. Уменьшение интенсивностей линий для альмандина объясняется скорее не структурными особенностями, а просто худшим качеством полученной порошкограммы.

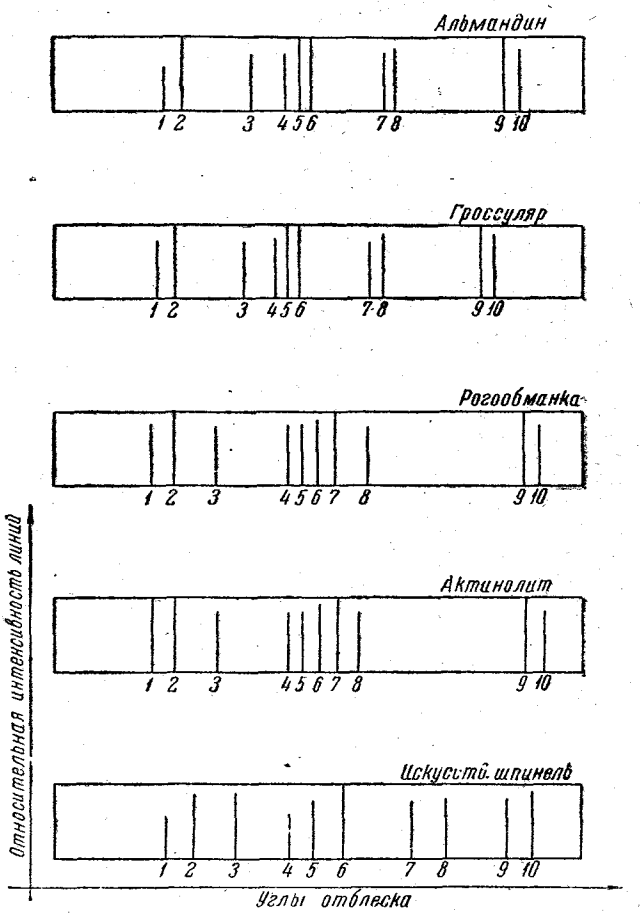


Рис. 22. Линии характерного комплекса порошкограмм.

Несмотря на сходство в узорах порошкограмм, соответственные линии того и другого минералов занимают совершенно своеобразное положение. Достаточно хорошо видно как на схематических рисунках, так и на самих порошкограммах, что линии гроссуляра несколько сдвинуты к середине порошкограммы.

Такое сдвижение объясняется тем, что размер элементарной ячейки гроссуляра (a_0 = =11,846 Å) больше таковой для альмандина (a_0 = 11,537 Å).

В число линий характерного комплекса обеих порошкограмм вошли линии от одноименных плоских сеток.

Порошкограммы актинолита и роговой обманки имеют резко отличный от порошкограмм других минералов узор линий. Между собой они почти не различаются как по положению линий на порошкограммах, так и по интенсивности их для линий характерного комплекса.

Но наряду с указанным сходством порошкограмм обоих минералов имеются и некоторые отличия.

Для линий роговой обманки, не вошедших в комплекс характерных, наблюдается несколько пониженная оценка интенсивностей, и некоторые из них по сравнению с актинолитом вообще отсутствуют на порошкограмме. Это явление, как уже указывалось, целиком объясняется меньшей четкостью порошкограммы роговой обманки. К числу принципиальных отличий порошкограмм относится слабое смещение линий актинолита в области больших углов к краям пленки. Кроме того имеется некоторое отличие в интенсивностях линий, по которому последние соответственно и были включены в комплекс характерных линий.

Несомненно, что эти отличия в порошкограммах обоих минералов столь несущественны, что решить однозначно о присутствии того или другого из них в смеси является совершенно невозможным.

На приведенном схематическом рис. 22 порошкограмм также наглядно видно, что искусственная шпинель имеет весьма своеобразное расположение линий.

При сравнении порошкограммы искусственной шпинели с порошкограммой естественной обнаруживаем, что узор линий обеих порошкограмм имеет очень мало отличий. Наблюдаются лишь небольшие колебания в интенсивности линий и сдвижение линий искусственной шпинели к краям порошкограммы. Последнее является следствием меньшего размера параметра элементарной ячейки. При общем обзоре рисунков порошкограмм замечаем, что, несмотря на отличия в них для различных групп минералов, отдельные линии их занимают весьма близкие положения на порошкограммах, и в отдельных случаях возможны совпадения линий разных минералов.

Теперь несколько замечаний о порошкограммах для искусственных и естественных минералов.

Несомненно, что при одинаковой или близкой химической конституции минерал естественный и его искусственный аналог (искусственный минерал) должны иметь сходную структуру. Только на этом основании и возможно идентифицировать как методом порошка, так и другими искусственные продукты с минералами естественными. Также несомненно, что условия получения минерала вызывают ряд специфических черт его, но это обстоятельство для целей примерной идентификации не может иметь существенного значения.

Таким образом, почти не беспокоясь за правильность результатов (исключая определение изоморфных минералов), можно производить расшифровку той или иной искусственно приготовленной смеси минералов, базируясь на эталонах для естественных.

Чтобы подтвердить подобное заключение, остановимся на некоторых фактических данных и посмотрим, какова же степень сходства и какие могут быть отличия в порошкограммах для искусственных и естественных минералов. Так, например, для порошкограмм искусственной роговой обманки состава тремолита и собственно тремолита, приведенных в работе K. Scheumann и W. Lüdcke (6), мы никаких наглядных различий не находим. Более того, данные рентгенограммы вращения для искусственной роговой обманки дают точно такой же период идентичности $c = 5{,}28$ Å как это определил B. Warren для ряда естественных минералов группы амфиболов ($c = 5{,}25$ Å — $5{,}28$ Å).

В работе А. К. Болдырева и Е. Ф. Алексеевой (10) при исследовании искусственных флогопитов установлено, что указанные продукты (флогопит переплавленный и синтетический) дают почти совершенно сходные с естественными порошкограммы, но отличаются структурно меньшими размерами кристаллической решетки. По сравнению с мусковитом их решетка больше. Таким образом результаты метода порошка часто позволяют установить тождество, если и не полное, искусственных минералов с естественными, то во всяком случае могут достаточно точно указать место этих искусственных минералов в ряду естественных.

Полученные нами данные, а также данные более ранних исследований для искусственной шпинели и сравнение их с таковыми естественной показывают — как характерное отличие одной от другой — уменьшение параметра элементарной ячейки для искусственной шпинели.

Как уже указывалось и выше, этот факт не вызывает отдельных изменений интерференционной картины (узора) порошкограммы, а лишь приводит к общему сдвижению ее относительно центра порошкограммы.

Таким образом зачастую самого узора порошкограммы бывает достаточно для идентификации искусственного минерала. Кроме того при сопоставлении расчетных данных можно иметь в виду, что данные искусственного могут несколько отличаться от таковых для естественного минерала. Для минералов полигирной сингонии эти отклонения при условии очень тщательной обработки порошкограмм всегда должны быть одного знака (либо положительные, либо отрицательные).

II. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ

С помощью рентгенометрического метода порошка — были изучены два типа плавленых горных пород: 1) диабаз-пикрит и 2) порода, значительно обогащенная (по сравнению с первой) кальцием. Плавление их было осуществлено на опытной каменнолитейной установке при НИС'е ЛГИ.

Прежде чем перейти к результатам рентгенометрического исследования, бегло остановимся на микроскопическом описании продуктов плавки.

1) Литье за № 63 от 27/V-1935 г. исходного состава диабаз-пикрит.



Рис. 23. Шлиф № 63/1. Ув. 20. без анализатора

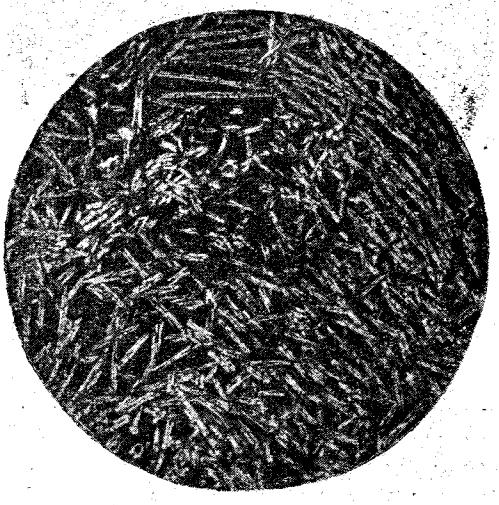


Рис. 24. Шлиф № 63/2. Ув. 20. без анализатора

Характер изделия — муфта № 2759.

Микроскопическое описание для этого продукта плавки можно дать следующее (шлифы №№ 63/1, 63/2, 63/3).

Структура — полукристаллическая.

Минералогический состав: пластинки оливина, темные дендритовидные образования (повидимому магнетит) и коричнево-бурое стекло. Текстура полосчатая. Иногда наблюдается резкая дифференциация полос, иногда полосчатость сглушевывается, образуются различные завороты — флюидальные потоки (шлиф 63/2). Самая полосчатость вызвана следующим обстоятельством. Разрезы шлифов пришлись так, что пластинки оливина оказались стоящими на ребре к плоскости шлифа. В том случае, когда пачки пластинок оливина ориентированы параллельно, они очень компактно сгруппированы, и между ними почти не остается промежутков стекла. Но часто они располагаются косо по отношению друг к другу, и в этом случае промежутки между ними представляются значительными, сплошь заполненными непрозрачным бурым или слабо просвечивающим стеклом (шлиф 63/1).

2) Литье № 82 от 24/I-1936 г. (шлифы №№ 42*a*, 42*b*, 52, 52*a*, 52*b*, 52*c*, 62*a*, 62*b*, 62*c*, 62*d*).

В этом случае был получен ряд изделий: труба, кирпич, муфта. Каждое из изделий характеризуется определенной степенью раскристаллизации, а следовательно и особой в каждом случае структурой.

Наиболее хорошо закристаллизован из них кирпич.

Отдельные участки отливки микроскопически имеют довольно хорошо выраженный порфировый характер (шлиф 62*a*). Фенокристаллы представлены бесцветным оливином и светло-буровато-зеленым минералом, обычно в радиальных агрегатах с плеохроизмом в желтых тонах. Оптические константы его таковы

$2V = 70°$, замер по 1-й оптической оси, $N_m \simeq 1{,}726 \pm 0{,}006$; $N_g - N_p \simeq 0{,}026$ (определения Л. Г. Кваша). Основная масса раскристаллизована и состоит из тех

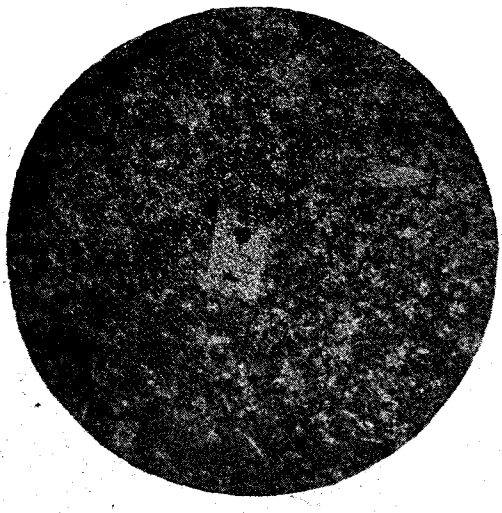


Рис. 25. Шлиф № 62а. Ув. 43. без анализатора.

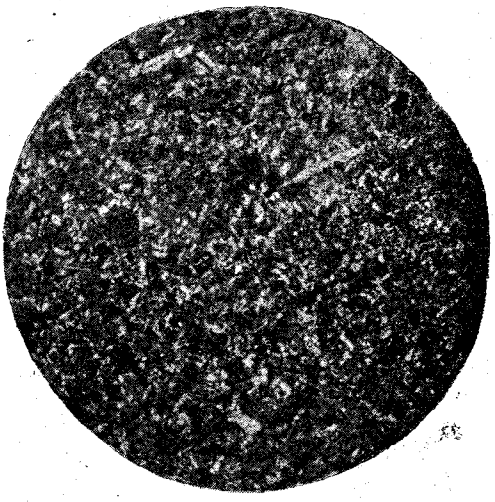


Рис. 26. Шлиф № 62b. Ув. 43. Николи +.

же двух фемических минералов и большого количества мелких зерен магнетита. Последние, повидимому, являлись центрами кристаллизации, так как вокруг них нередки радиально-лучистые образования из фемических компонентов. Иногда зерна магнетита достигают сравнительно больших размеров.

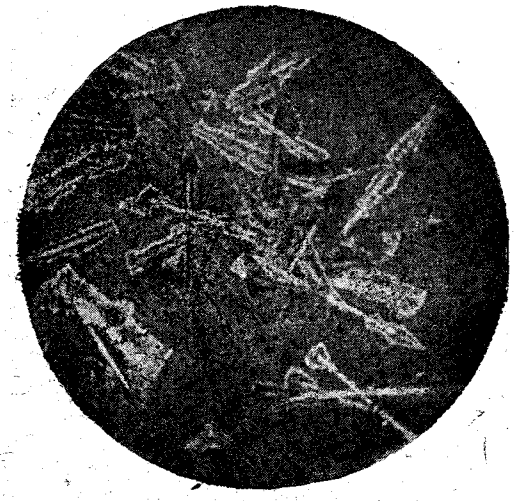


Рис. 27. Шлиф № 42b. Ув. 43. Николи +.

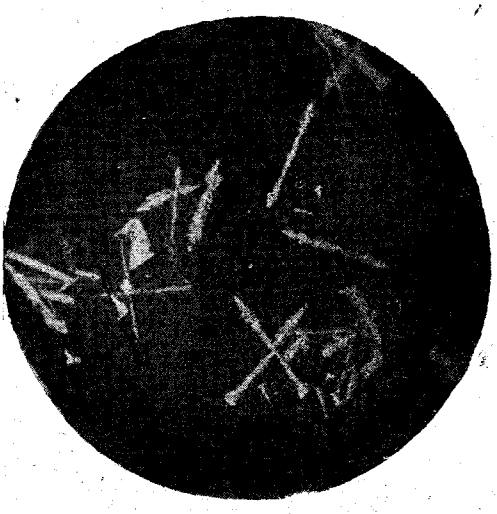


Рис. 28. Шлиф № 42а. Ув. 43. Николи +.

Нередко характер вкрапленников стушевывается, и шлиф приобретает зернистую структуру (шлиф № 62b).

Другие две отливки закристаллизованы значительно хуже и имеют стеклянную структуру.

При этом для отливки трубы преобладающим (над скелетными формами) является стекло. Скелетные формы оливина окружены каймой, которая придает им копьевидный характер. Они нередко пересекаются между собой, группируются

и при слиянии кайм принимают четырехугольные очертания — шлифы №№ 42a и 42b (рис. 27, 28).

Для муфты количественные соотношения стекла и скелетных форм минерала меняются в сторону увеличения последних — шлиф № 52a и 52c (рис. 29 и 30).

После этого краткого знакомства со структурой и минералогическим составом отливок на основе их микроскопического изучения остановимся на результатах их рентгенометрического исследования методом порошка.

При расшифровке продуктов плавленых пород была использована таблица, составленная В. Михеевым (1). Но кроме этой таблицы также были использованы и данные полученных мною эталонных порошкограмм. Правда, последние служили не совсем прямым целям, так как появление этих минералов в литье не ожидалось, а лишь для того, чтобы больше оттенить правильность расшифровки других минералов.

Данные, полученные при измерении порошкограмм обоих продуктов плавки, помещены в таблицах 15 и 17. Строение таблиц мало чем отличается от таковых

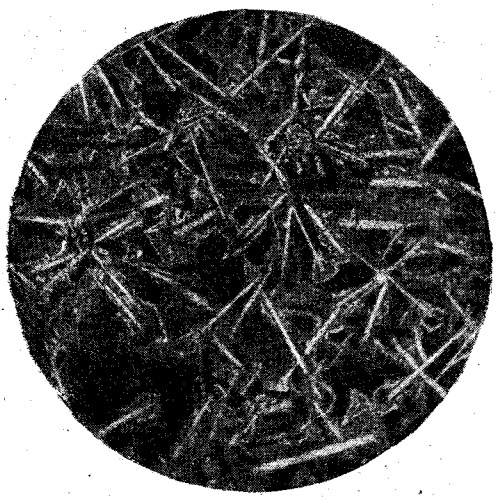


Рис. 29. Шлиф № 52a. Ув. 43. Николи +.



Рис. 30. Шлиф № 52c. Ув. 43. Николи +.

для эталонных минералов. Здесь имеются некоторые лишние столбцы, а некоторые отсутствуют. Так, для значений расстояния между симметричными линиями кроме среднего арифметического из трех промеров приведены и самые промеры. Вместе с тем отсутствуют промежуточные поправки к измеренным углам отблеска.

В обоих случаях были получены порошкограммы только чистых продуктов плавки. Продукты плавки в смеси с NaCl не экспонировались. Таким образом поправки для углов отблеска были введены по одному графику, который учитывает лишь погрешности на измерение диаметра и кривизну пленкодержателя камеры.

Образец № 63 каменного литья был снят в камере № 4 в течение 44 *час* при средней силе тока в трубке 9 *mA*. Выверка этой камеры с помощью каменной соли была произведена попутно при получении эталонной порошкограммы гроссуляра. Поэтому поправка для углов отблеска линий порошкограммы каменного литья № 63 были найдены по графику № 3.

Линии на порошкограмме довольно четкие (рис. 31).

Для этой порошкограммы оказалось возможным промерить расстояния между 41 парой симметричных линий.

Данные для этой порошкограммы приводятся в таблице 15.

После того как были найдены исправленные значения углов отблеска θ и по ним вычислены d для каждой из линий порошкограммы, было произведено сравнение с линиями эталонных порошкограмм как по таблице В. И. Михеева (1), так и с данными наших порошкограмм. При этом были допущены отклонения в значениях углов отблеска в 10′ в ту и в другую сторону.

В результате сравнения найдено, что наибольшее число совпадений лини каменного литья с линиями характерного комплекса эталонов падает на минерал оливин, диопсид, авгит и магнетит, а также лабрадор и альбит. Для остальны минералов лишь одна или две линии характерного комплекса совпадают с линиям каменного литья, а для других не находим соответствующих. Таким образом можн считать, что совпадения для последних являются чисто случайными.

Рассмотрим теперь минералы, имеющие большое число совпадений лини характерного комплекса с линиями каменного литья. У оливина 9 линий харак терного комплекса очень близко совпадают по своим значениям с линиями камен ного литья, а из остальных менее интенсивных — 20 линий почти полностью, иногда и полностью объясняют присутствие многих линий каменного литья.

Такое количество выявившихся на порошкограмме каменного литья линий оливина позволяет судить о значительном его содержании (а может быть прост о хорошей раскристаллизации) в каменном литье. Последнее согласуется с микро скопическим изучением. Отсутствие одной из линий характерного комплекса объ

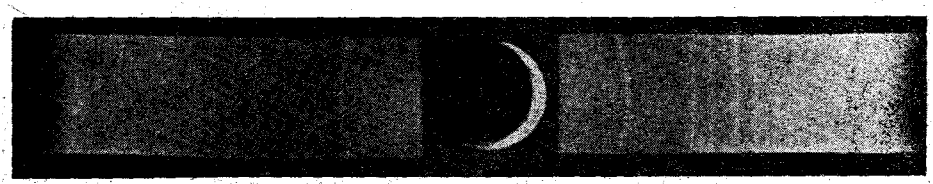


Рис. 31. Порошкограмма каменного литья № 63.

ясняется тем, что она имеет большой угол отблеска, а следовательно располагается у концов пленки, где для порошкограммы каменного литья получилась значительная вуаль.

Магнетит. Судя по рентгенометрическим данным он должен присутствовать в значительно меньшем количестве в литье, чем оливин. Соображения на этот счет следующие.

Во-первых, лишь для 7 линий характерного комплекса магнетита находим соответствующие на порошкограмме каменного литья.

Во-вторых, все они, за исключением одной, практически совпадают с интенсивными линиями других минералов (некоторые из них по значениям d все же ближе подходят к линиям каменного литья, например, линии № 25 и № 35). Единственной линии магнетита сравнительно большой интенсивности (7 баллов), которая отчетливо не совпадает с линиями других минералов, отвечает очень слабая по интенсивности линия (2 балла) на порошкограмме каменного литья. Особенно этот факт заставляет предполагать о малом содержании магнетита.

Пироксены. Почти все линии порошкограммы каменного литья, оставшиеся нерасшифрованными по исключении эталонных минералов оливина и магнетита, лучше всего объясняются линиями диопсида, хотя некоторые из них точнее совпадают с линиями структурного близкого диопсиду авгита.

Например, линия каменного литья № 17: $\theta = 28°35'$, $I = 6$; авгит: $\theta = 28°39'$, $I = 6$; диопсид: $\theta = 28°45'$, $I = 3$. Диопсид и авгит сходны по структуре и дают почти неразличимые между собой порошкограммы (1).

Однако нельзя с уверенностью утверждать о присутствии ни диопсида, ни авгита в данном продукте каменного литья.

Для наиболее интенсивной линии диопсида — $\theta = 43°00'$, $I = 9$ (а также авгита — $\theta = 43°13'$, $I = 10$), которая не совпадает с линиями других эталонных минералов (оливин, магнетит), находим линию на порошкограмме каменного литья с очень малой интенсивностью — $I = 1^1/_2$, $\theta = 43°31'$ (расхождение в углах отблеска довольно большое. Но здесь следует заметить, что для линий, расположенных в данном участке пленки — близко к ее краям, даже для линий оливина наблюдается значительное несхождение в значениях углов отблеска).

Кроме этих двух пироксенов отмечаем еще довольно близкое совпадение многих из нерасшифрованных линий каменного литья с линиями эгирина (13),

хотя и для последнего не всегда наблюдается соответствие в их интенсивностя х (например, линиям каменного литья №№ 7 и 27 — $I = 2$; $d/n = 2{,}931$ и $I = 4$, $d/n = 1{,}534$ соответствуют линии эгирина $I = 7$, $d/n = 2{,}916$ и $I = 4$, $d/n = 1{,}521$).

Таблица 15

Каменное литье № 63

№№	I	$2e_3$	$2e_2$	$2e_1$	$\Delta 2e$	$2e$	θ_1	$\Delta\theta$	θ	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n} = \frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n} = \frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
1	6	24,20	24,10	24,20	0,10	24,17	15°03′	60′	14°03′	0,243		3,61
2	3	25,40	25,35	25,40	0,05	25,38	15 48	58	14 49	0,256	3,78	3,43
3	5	26,95	26,90	26,90	0,05	26,92	16 46	56	15 50	0,273	3,54	3,21
4	4	28,30	28,25	28,30	0,05	28,28	17 36	54	16 42	0,287	3,37	3,05
5	3	29,20	29,20	29,25	0,05	29,22	18 10	53	17 17	0,297	3,254	2,950
6	8	31,60	31,60	31,60	0	31,60	19 40	51	18 49	0,322	2,998	2,718
7	2	32,20	32,20	32,15	0,05	32,28	20 06	50	19 16	0,330	2,931	2,656
8	9	33,90	33,85	33,90	,05	33,88	21 05	49	20 16	0,346	2,792	2,530
9	1	34,70	34,60	34,50	0,20	34,60	21 32	48	20 44	0,354	2,732	2,476
10	10	37,35	37,25	37,20	0,15	37,27	23 12	46	22 26	0,382	2,534	2,297
11	9	38,25	38,25	38,25	0	38,25	23 49	46	23 03	0,391	2,470	2,239
12	2	40,20	40,15	40,20	0,05	40,18	25 02	44	24 18	0,412	2,350	2,130
13	9	42,00	41,85	41,85	0,15	41,90	26 05	43	25 22	0,428	2,257	2,046
14	3	43,85	43,80	43,75	0,10	43,80	27 16	42	26 34	0,447	2,162	1,960
15	2	44,50	44,55	44,60	0,10	44,55	27 46	42	27 04	0,455	2,125	1,926
16	2	45,35	45,35	45,30	0,05	45,33	28 13	41	27 32	0,462	2,092	1,896
17	6	47,00	46,90	47,00	0,10	46,97	29 15	40	28 35	0,478	2,021	1,832
18	5	49,25	49,25	49,25	0	49,25	30 40	39	30 01	0,500	1,933	1,752
19	2	50,80	50,70	50,80	0,10	50,77	31 37	38	30 59	0,515	1,878	1,703
20	3	53,35	53,15	53,10	0,25	53,20	33 07	38	32 29	0,537	1,800	1,632
21	10	55,20	55,20	55,15	0,05	55,18	34 22	37	33 45	0,555	1,741	1,578
22	2	56,75	56,85	56,80	0,10	56,80	35 22	36	34 46	0,570	1,696	1,537
23	6	57,90	57,95	57,90	0,05	57,92	36 03	36	35 27	0,580	1,667	1,511
24	7	59,60	59,50	59,25	0,35	59,45	37 01	36	36 25	0,594	1,629	1,477
25	7	60,15	60,15	60,15	0	60,15	37 27	35	36 52	0,600	1,612	1,461
26	4	61,95	62,10	62,00	0,15	62,02	38 37	35	38 02	0,616	1,570	1,423
27	4	63,75	63,75	63,65	0,10	63,72	39 40	35	39 05	0,630	1,534	1,390
28	7	65,75	65,80	65,60	0,20	65,72	40 55	35	40 20	0,647	1,494	1,354
29	10	66,85	66,75	66,75	0,10	66,78	41 35	34	41 01	0,656	1,474	1,336
30	1	69,00	69,20	69,20	0,20	69,17	43 04	34	42 30	0,675	1,431	1,297
31	1½	70,85	70,70	70,85	0,15	70,80	44 05	34	43 31	0,682	1,404	1,273
32	7	71,70	71,65	71,65	0,05	71,67	44 37	34	44 03	0,695	1,391	1,261
33	8	74,80	74,70	74,75	0,10	74,75	46 32	34	45 48	0,719	1,349	1,222
34	7	77,15	77,00	77,10	0,15	77,08	47 59	33	47 26	0,736	1,313	1,190
35	3	78,80	78,70	78,75	0,10	78,75	49 02	33	48 29	0,749	1,291	1,171
36	4	80,30	80,25	80,30	0,05	80,28	49 59	33	49 26	0,759	1,273	1,154
37	1	88,75	88,60	88,60	0,15	88,65	55 12	32	54 40	0,816	1,185	1,074
38	2	91,10	90,90	91,10	0,20	91,03	57 17	31	56 46	0,836	1,156	1,048
39	3	94,50	94,50	94,60	0,10	94,53	58 52	31	58 21	0,851	1,136	1,030
40	2	100,15	100,15	99,90	0,25	100,06	62 19	30	61 49	0,881	1,097	0,994
41	4	106,00	106,25	106,25	0,25	106,17	66 07	29	65 38	0,911	1,062	0,962

Эгирин по структуре своей однотипен с диопсидом и авгитом и способен образовывать с последним, повидимому, непрерывный изоморфный ряд смесей.

По узору линий (следовательно по значениям величин d/n) порошкограмма эгирина сходна с порошкограммами диопсида и авгита и отлична в отношении их интенсивностей. Не все интенсивные линии порошкограмм этих двух минералов имеют соответственные на порошкограмме эгирина, в том числе нет линии диопсида с $I = 9$, $\theta = 43°00'$ (линия авгита с $I = 10$, $\theta = 43°13'$), иногда линии диопсида и авгита имеют соответственные у эгирина, но с сильно пониженной интенсивностью

Такое изменение интенсивности линий порошкограммы эгирина в сторону понижения ее может быть объяснено значительной заменой относительно более тяжелых элементов, таких, как Al и Fe, в составе этих двух пироксенов, на более легкий Na — в эгирине.

Таблица 16

Каменное литье № 63						Оливин					Магнетит					Диопсид				
№№	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	6	14°03′	0,243	3,98	3,61	4	14°10′	0,245	3,95	3,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	14 49	0,256	3,78	3,43	2	14 48	0,255	3,79	3,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	5	15 50	0,273	3,54	3,21	3	15 53	0,274	3,53	3,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	4	16 42	0,287	3,37	3,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16°52′	0,290	(3,33)	3,02
5	3	17 17	0,297	3,25	2,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	17 15	0,297	3,26	2,96
6	8	18 49	0,322	3,00	2,72	—	—	—	—	—	6	18°52′	0,323	2,990	2,711	10	18 48	0,322	3,00	2,72
7	2	19 16	0,330	2,931	2,656	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	19 24	0,332	2,911	2,639
8	9	20 16	0,346	2,792	2,530	7	20 16	0,346	2,792	2,530	5	20 09	0,344	2,807	2,544	3	20 12	0,345	2,800	2,538
9	1	20 44	0,354	2,732	2,476	3	20 43	0,354	2,734	2,478	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	10	22 26	0,382	2,534	2,297	7	22 36	0,384	2,516	2,281	10	22 22	0,381	2,541	2,303	10	22 32	0,383	2,523	2,287
11	9	23 03	0,391	2,470	2,239	8	23 05	0,392	2,466	2,236	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	2	24 18	0,412	2,350	2,130	2	24 14	0,410	2,356	2,136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	9	25 22	0,428	2,257	2,046	8	25 19	0,427	2,261	2,050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	3	26 34	0,447	2,162	1,960	5	26 34	0,447	2,162	1,960	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	2	27 04	0,455	2,125	1,926	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	27 02	0,455	2,128	1,928
16	2	27 32	0,462	2,092	1,896	—	—	—	—	—	7	27 27	0,461	2,098	1,901	—	—	—	—	—
17	6	28 35	0,478	2,021	1,832	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	28 45	0,481	2,010	1,822
18	5	30 01	0,500	1,933	1,752	5	30 04	0,501	1,930	1,750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	2	30 59	0,515	1,878	1,703	2	31 00	0,515	1,878	1,702	2	30 53	0,513	1,884	1,708	—	—	—	—	—
20	3	32 29	0,537	1,800	1,632	2	32 22	0,535	1,806	1,637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	10	33 45	0,555	1,741	1,578	10	33 41	0,555	1,744	1,580	—	—	—	—	—	7	33 41	0,555	1,744	1,580

Таблица 16

Каменное литье № 63						Оливин					Магнетит					Диопсид				
№№	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	6	14°03′	0,243	3,98	3,61	4	14°10′	0,245	3,95	3,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3	14 49	0,256	3,78	3,43	2	14 48	0,255	3,79	3,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	5	15 50	0,273	3,54	3,21	3	15 53	0,274	3,53	3,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	4	16 42	0,287	3,37	3,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16°52′	0,290	(3,33)	3,02
5	3	17 17	0,297	3,25	2,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	17 15	0,297	3,26	2,96
6	8	18 49	0,322	3,00	2,72	—	—	—	—	—	6	18°52′	0,323	2,990	2,711	10	18 48	0,322	3,00	2,72
7	2	19 16	0,330	2,931	2,656	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	19 24	0,332	2,911	2,639
8	9	20 16	0,346	2,792	2,530	7	20 16	0,346	2,792	2,530	5	20 09	0,344	2,807	2,544	3	20 12	0,345	2,800	2,538
9	1	20 44	0,354	2,732	2,476	3	20 43	0,354	2,734	2,478	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	10	22 26	0,382	2,534	2,297	7	22 36	0,384	2,516	2,281	10	22 22	0,381	2,541	2,303	10	22 32	0,383	2,523	2,287
11	9	23 03	0,391	2,470	2,239	8	23 05	0,392	2,466	2,236	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	2	24 18	0,412	2,350	2,130	2	24 14	0,410	2,356	2,136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	9	25 22	0,428	2,257	2,046	8	25 19	0,427	2,261	2,050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	3	26 34	0,447	2,162	1,960	5	26 34	0,447	2,162	1,960	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	2	27 04	0,455	2,125	1,926	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	27 02	0,455	2,128	1,928
16	2	27 32	0,462	2,092	1,896	—	—	—	—	—	7	27 27	0,461	2,098	1,901	—	—	—	—	—
17	6	28 35	0,478	2,021	1,832	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	28 45	0,481	2,010	1,822
18	5	30 01	0,500	1,933	1,752	5	30 04	0,501	1,930	1,750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	2	30 59	0,515	1,878	1,703	2	31 00	0,515	1,878	1,702	2	30 53	0,513	1,884	1,708	—	—	—	—	—
20	3	32 29	0,537	1,800	1,632	2	32 22	0,535	1,806	1,637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	10	33 45	0,555	1,741	1,578	10	33 41	0,555	1,744	1,580	—	—	—	—	—	7	33 41	0,555	1,744	1,580

Продолжение

Каменное литье № 63						Оливин					Магнетит					Диопсид				
№№	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	2	34°46′	0,570	1,696	1,537	—	—	—	—	—	5	34°26′	0,565	1,710	1,550	—	—	—	—	—
23	6	35 27	0,580	1,667	1,511	3	35°28′	0,580	1,667	1,511	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	7	36 25	0,594	1,629	1,477	5	36 19	0,592	1,633	1,480	2	36 20	0,592	1,632	1,479	—	—	—	—	—
25	7	36 52	0,600	1,612	1,461	—	—	—	—	—	9	36 51	0,600	1,612	1,462	10	36°45′	0,598	1,616	1,465
26	4	38 02	0,616	1,570	1,423	3	38 03	0,616	1,569	1,422	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	4	39 05	0,630	1,534	1,390	1	39 03	0,630	1,535	1,391	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	7	40 20	0,647	1,494	1,354	6	40 18	0,647	1,495	1,355	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	10	41 01	0,656	1,474	1,336	8	40 52	0,654	1,478	1,340	9	40 49	0,654	1,479	1,341	—	—	—	—	—
30	1	42 30	0,675	1,431	1,297	2	42 30	0,676	1,431	1,297	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	1½	43 31	0,689	1,404	1,273	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	43 00	0,682	1,418	1,285
32	7	44 03	0,695	1,391	1,261	8	43 57	0,695	1,393	1,263	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	8	45 48	0,719	1,349	1,222	7	45 49	0,717	1,349	1,222	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	7	47 26	0,736	1,313	1,190	6	47 22	0,736	1,314	1,191	—	—	—	—	—	8	47 00	0,731	1,322	1,199
35	3	48 29	0,749	1,291	1,171	3	48 19	0,747	1,295	1,174	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	4	49 26	0,759	1,273	1,154	—	—	—	—	—	5	49 15	0,758	1,276	1,157	7	49 04	0,755	1,280	1,160
37	1	54 40	0,818	1,185	1,074	3	54 31	0,814	1,888	1,076	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	2	56 46	0,836	1,156	1,048	—	—	—	—	—	1	56 59	0,839	1,153	1,045	—	—	—	—	—
39	3	58 21	0,851	1,136	1,030	4	58 11	0,850	1,138	1,031	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	2	61 49	0,881	1,097	0,994	4	61 38	0,880	1,099	0,996	8	62 24	0,886	1,091	0,989	—	—	—	—	—
41	4	65 38	0,911	1,062	0,962	3	65 20	0,909	1,064	0,965	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

В результате вышеизложенного можно сделать предположение, что тот кристаллический продукт в образце каменного литья № 63, которому обязаны своим появлением рассматриваемые линии, представляет пироксен ряда диопсид-эгирин-авгита.

Плагиоклазы. Говорить о присутствии или отсутствии плагиоклазов одинаково мало оснований. С одной стороны, лишь для 5 линий лабрадора и анортита не находим соответственных среди линий каменного литья. Но при внимательном анализе совпавших линий оказывается, что обычно наряду с линиями анортита или лабрадора имеют место близкие к ним и по своему положению и по интенсивности линии оливина. Таким образом есть возможность предположить, что эти слабые линии каменного литья больше обязаны своим появлением присутствию оливина в продуктах плавки, чем наличию плагиоклазов.

С другой стороны, можно предположить, что количество раскристаллизовавшихся плагиоклазов столь мало и они вообще дают довольно лабой интенсивности линии, что практически мы не можем наблюдать от них интенсивных отражений.

Сравнение линий каменного литья с линиями оливина, магнетита и диопсида приведено в таблице 16.

Из данных таблицы видно, что не для всех линий эталонных минералов удовлетворительны совпадения с линиями каменного литья. Иногда расхождения в углах отблеска превышают пределы 10′, а также встречаются расхождения в интенсивностях линий. Замечаем, что для оливина, почти как правило, относительная интенсивность линий порошкограммы каменного литья больше таковых на эталонной, но это еще лишь лишний раз говорит об обильном его присутствии.

Окислы	Весовой % состав
SiO_2	48,72
Al_2O_3	16,09
Fe_2O_3	18,28
CaO	9,41
MgO	6,38
Итого	98,80

Данные рентгенометрического исследования, таким образом, дают более полные результаты при минералогической расшифровке каменного литья, чем обычные оптические методы.

В дополнение к результатам микроскопического и рентгенометрического исследований приводится и химическая характеристика данного продукта плавки. Средний химический состав этой плавленой породы показан рядом в таблице (как среднее арифметическое из двух анализов, произведенных в каменнолитейной лаборатории).

Пересчет этого анализа (а также анализа другой плавленой породы) на теоретический минералогический состав представляется мало интересным. Здесь мы имеем слишком мало аналитических определений, поэтому разбивка того или другого окисла между различными минералами будет очень гадательной, а с другой стороны это не отвечает тем целям, которые обычно преследуются подобным

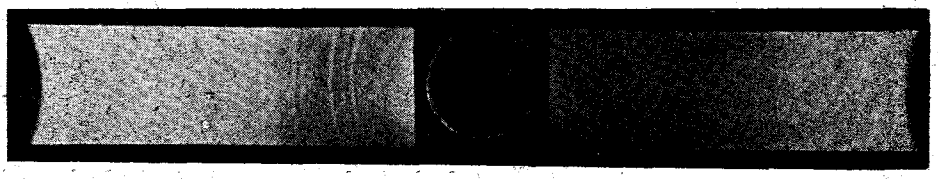


Рис. 32. Порошкограмма каменного литья № 82.

пересчетом в петрографии. Там пересчет нужен для того, чтобы облегчить сравнение различных горных пород между собой на основе их химического состава, найти у них общее или, наоборот, отметить различия и таким образом выявить общность и специфику отдельных петрогенетических провинций.

В настоящем случае оказывается более простым сопоставить непосредственные данные анализов между собой для различных продуктов плавки, так как число сравниваемых величин очень невелико.

Теперь переходим к результатам исследования другого продукта плавки.

Образец № 82 каменного литья был снят в камере № 5 за 44 *час* экспозиции при средней силе тока в трубке 9 mA. По четкости линий эта порошкограмма значительно уступает порошкограмме каменного литья № 63 (рис. 32).

На порошкограмме измерены 43 линии. Поправки к углам отблеска этих линий были введены по графику, построенному при получении эталонной порошкограммы авгита (рис. 33).

Данные измерения порошкограммы приведены в таблице 17.

При сравнении порошкограммы этого продукта плавки с порошкограммами эталонных минералов находим, как и в первом случае, что у оливина, магнетита, диопсида, авгита и плагиоклазов получается наибольшее число совпадений для линий характерного комплекса с линиями каменного литья. Кроме того у гематита и гроссуляра лишь 5 линий из характерного комплекса не имеют соответствующих среди линий этой порошкограммы.

Разберем все эти минералы отдельно.

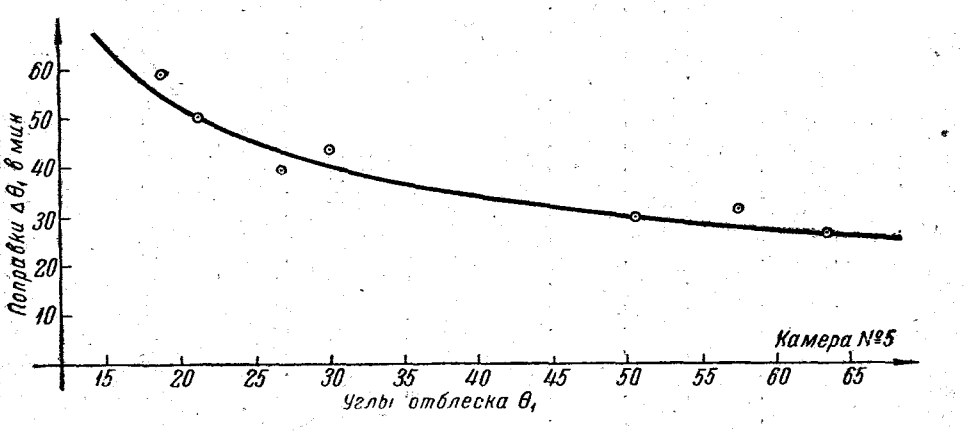


Рис. 33. График 11 каменного литья № 82. Поправки для углов отблеска θ_1.

Оливин. Из линий характерного комплекса у него фактически отсутствует лишь одна линия с большим углом отблеска (вуаль), для другой линии мы находим соответствующую, но с расхождением в углах отблеска большим 10′. Из остальных менее интенсивных линий оливина 14 почти или совершенно близко совпадают с линиями порошкограммы каменного литья. В противоположность первому случаю расшифровки здесь оливину обычно соответствуют линии порошкограммы каменного литья с меньшей интенсивностью, чем у эталона.

Магнетит. Для двух линий характерного комплекса не находим соответствующих на порошкограмме каменного литья, но эти линии располагаются на концах пленки, где густая вуаль мешает установить их присутствие; для остальных 8 расхождения не превышают 10′. Кроме последних еще пять линий магнетита меньшей интенсивности имеют близкое совпадение с линиями порошкограммы каменного литья.

Диопсид и авгит. При выяснении, присутствует ли в продукте плавки диопсид или авгит, было решено в пользу последнего на том основании, что для него совпадения с линиями каменного литья ближе, чем для диопсида.

После того как из порошкограммы каменного литья № 82 были исключены линии, соответствующие вышеуказанным трем минералам, оказалось, что еще 8 линий каменного литья остались не расшифрованными (№№ 2, 7, 9, 19, 29, 32, 35, 42).

Плагиоклазы. При сравнении с линиями эталонных порошкограмм плагиоклазов (альбит, лабрадор, анортит) наметилось примерное соответствие всех этих линий с линиями лабрадора. Хотя для некоторых из линий расхождения в значениях углов отблеска значительно превышают принятые нами пределы, и в этих случаях линии каменного литья лучше совпадают с линиями альбита (например, №№ 2, 19, 29 и 42).

Таблица 17

Каменное литье № 82

№№	I	$2e_3$	$2e_2$	$2e_1$	$\Delta 2e$	$2e$	θ_1	$\Delta\theta$	θ	$\sin\theta$	$\frac{d_1}{n}=\frac{\lambda_\alpha}{2\sin\theta}$	$\frac{d_2}{n}=\frac{\lambda_\beta}{2\sin\theta}$
1	2	24,70	24,75	24,75	0,05	24,73	15°23′	64′	14°19′	0,247	3,91	3,54
2	1	25,80	25,60	25,80	0,20	25,73	16 01	61	15 00	0,259	3,74	3,38
3	1	26,95	27,00	26,95	0,05	26,97	16 47	59	15 48	0,272	3,55	3,22
4	5	28,50	28,55	28,60	0,10	28,55	17 46	57	16 49	0,289	3,34	3,03
5	5	29,40	29,50	29,30	0,20	29,40	18 18	56	17 22	0,298	3,24	2,94
6	10	31,80	31,85	31,80	0,05	31,82	19 49	53	18 56	0,324	2,98	2,70
7	4	32,20	32,15	32,25	0,10	32,20	20 03	53	19 10	0,328	2,945	2,670
8	8	34,00	34,00	34,00	0	34,00	21 10	51	20 19	0,347	2,785	2,524
9	2	35,35	35,20	35,20	0,15	35,25	21 57	49	21 08	0,360	2,682	2,431
10	10	37,10	37,10	37,10	0	37,10	23 06	48	22 18	0,379	2,548	2,310
11	10	37,60	37,60	37,50	0,10	37,57	23 22	47	22 35	0,384	2,518	2,282
12	6	38,30	38,25	38,35	0,10	38,30	23 51	47	23 04	0,392	2,468	2,237
13	1	40,00	40,10	40,15	0,15	40,08	24 57	46	24 11	0,409	2,361	2,140
14	3	41,70	41,75	41,50	0,25	41,65	25 56	45	25 11	0,425	2,273	2,060
15	3	42,75	42,65	42,75	0,10	42,72	26 36	43	25 53	0,437	2,215	2,008
16	5	44,40	44,30	44,50	0,20	44,40	27 38	42	26 56	0,453	2,135	1,935
17	5	45,20	45,10	45,15	0,10	45,15	28 07	42	27 25	0,460	2,100	1,904
18	9	47,15	47,00	47,05	0,15	47,07	29 18	41	28 37	0,479	2,019	1,830
19	1	48,70	48,50	48,50	0,20	48,57	30 14	41	29 33	0,493	1,961	1,777
20	2	49,50	49,50	49,65	0,15	49,55	30 51	40	30 11	0,503	1,923	1,743
21	2	50,65	50,70	50,70	0,05	50,68	31 32	39	30 53	0,513	1,884	1,708
22	2	52,25	52,25	52,40	0,15	52,30	32 33	38	31 55	0,529	1,829	1,658
23	2	53,20	53,15	53,25	0,10	53,20	33 07	38	32 29	0,537	1,800	1,632
24	9	55,25	55,20	55,25	0,05	55,23	34 23	37	33 46	0,556	1,740	1,577
25	6	58,10	58,00	57,85	0,25	57,95	36 05	36	35 29	0,580	1,666	1,510
26	6	59,50	59,25	59,40	0,25	59,38	36 58	36	36 22	0,593	1,631	1,478
27	6	60,15	60,00	60,10	0,15	60,08	37 25	35	36 50	0,599	1,613	1,462
28	2	62,15	62,15	62,20	0,05	62,17	38 42	35	38 07	0,617	1,567	1,420
29	3	64,10	63,85	64,10	0,25	64,02	39 52	34	39 18	0,633	1,527	1,384
30	5	65,25	65,00	65,25	0,25	65,17	40 35	34	40 01	0,643	1,504	1,363
31	4	66,45	66,35	66,50	0,15	66,43	41 22	34	40 48	0,653	1,480	1,341
32	1	68,45	68,20	68,20	0,25	68,28	42 31	33	41 58	0,669	1,446	1,311
33	8	70,15	70,10	70,10	0,05	70,12	43 40	32	43 08	0,684	1,414	1,282
34	8	71,10	71,30	71,15	0,20	71,18	44 19	32	43 47	0,692	1 398	1,267
35	3	72,90	72,75	72,85	0,15	72,83	45 21	32	44 49	0,705	1,372	1,244
36	4	74,30	74,25	74,25	0,05	74,27	46 14	31	45 43	0,716	1,351	1,224
37	6	75,90	75,85	76,15	0,30	75,97	47 18	31	46 47	0,728	1,327	1,203
38	7	76,30	76,50	76,60	0,30	76,47	47 37	31	47 06	0,732	1,320	1,197
39	3	78,15	78,40	78,10	0,25	78,22	48 56	30	48 26	0,748	1,292	1,172
40	6	80,15	80,20	80,10	0,10	80,15	49 54	30	49 24	0,759	1,274	1,154
41	5	82,80	82,80	82,75	0,05	82,78	51 30	28	51 02	0,777	1,244	1,127
42	3	84,20	84,40	84,30	0,20	84,30	52 29	29	52 00	0,788	1,227	1,112
43	5	105,50	105,15	105,00	0,50	105,23	65 30	25	65 05	0,907	1,066	0,966

Конечно при таком расхождении линий лабрадора с линиями каменного литья (см. таблицу 18) трудно говорить уверенно об его присутствии среди раскристаллизованных минералов продуктов плавки.

Но очень может быть, что эти линии обязаны не собственно лабрадору, а одному из промежуточных членов ряда плагиоклазов лабрадор-альбит (или лабрадор-анортит).

При внимательном рассмотрении линий характерного комплекса порошкограмм гематита и гроссуляра, совпавших с линиями каменного литья, оказывается, что обычно им сопутствуют такие же по интенсивности и близкие по своим значениям d линии указанных выше минералов. При этом для последних минералов имеем большее число совпадений их линий характерного комплекса с линиями порошкограммы каменного литья и следовательно совпадения первых мы можем считать случайными.

Таблица 18

№№	Каменное литье № 82					Оливин					Магнетит					Авгит					Лабрадор				
	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	14°19′	0,247	3,91	3,54	4	14°10′	0,245	3,95	3,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1	15 00	0,259	3,74	3,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2½	14°41′	0,253	3,82	3,46
3	1	15 48	0,272	3,55	3,22	3	15 53	0,274	3,53	3,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3½	15 49	0,273	(3,55)	3,22
4	5	16 49	0,289	3,34	3,03	—	—	—	—	—	3	16°58′	0,292	(3,31)	3,00	—	—	—	—	—	1½	16 32	0,285	3,40	3,08
5	5	17 22	0,298	3,24	2,94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	17°19′	0,298	3,25	2,94	10	17 27	0,300	3,22	2,93
6	10	18 56	0,324	2,98	2,70	—	—	—	—	—	6	18 52	0,323	2,990	2,711	10	18 55	0,324	2,98	2,70	—	—	—	—	—
7	4	19 10	0,328	2,945	2,670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	19 09	0,328	2,948	2,672
8	8	20 19	0,347	2,785	2,524	7	20 16	0,346	2,792	2,530	5	20 09	0,344	(2,807)	2,544	3	20 19	0,347	(2,785)	2,524	—	—	—	—	—
9	2	21 08	0,360	2,682	2,431	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	21 06	0,360	2,686	2,435
10	10	22 18	0,379	2,548	2,310	—	—	—	—	—	10	22 22	0,381	2,541	2,303	—	—	—	—	—	5	22 26	0,382	2,534	2,297
11	10	22 35	0,384	2,518	2,282	7	22 36	0,384	2,516	2,281	—	—	—	—	—	10	22 33	0,383	2,522	2,286	—	—	—	—	—
12	6	23 04	0,392	2,468	2,237	8	23 05	0,392	2,466	2,236	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	1	24 11	0,409	2,361	2,140	2	24 14	0,410	2,356	2,136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	3	25 11	0,425	2,273	2,060	8	25 19	0,427	2,261	2,050	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	3	25 53	0,437	2,215	2,008	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	25 55	0,437	(2,213)	2,005	--	—	—	—	—
16	5	26 56	0,453	2,135	1,935	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	27 08	0,456	2,120	1,922	3½	27 01	0,454	2,129	1,930
17	5	27 25	0,460	2,100	1,904	—	—	—	—	—	7	27 27	0,461	2 098	1,901	—	—	—	—	—	4½	27 20	0,459	2,106	1,909
18	9	28 37	0,479	2,019	1,830	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	28 39	0,479	2,017	1,828	—	—	—	—	—
19	1	29 33	0,493	1,961	1,777	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	29 13	0,488	1,981	1,796
20	2	30 11	0,503	1,923	1,743	5	30 04	0,501	(1,930)	1,750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	30 19	0,505	1,916	1,736
21	2	30 53	0,513	1,884	1,708	2	31 00	0,515	1,878	1,702	2	30 53	0,513	(1,884)	1,708	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	2	31 55	0,529	1,829	1,658	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	31 51	0,528	1,832	1,661	5	32 01	0,530	1,824	1,653

Продолжение

№№	Каменное литье № 82					Оливин					Магнетит					Авгит					Лабрадор				
	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2	I	θ	$\sin\theta$	d_1	d_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
23	2	32°29′	0,537	1,800	1,632	2	32°22′	0,535	(1,806)	1,637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	9	33 46	0,556	1,740	1,577	10	33 41	0,555	1,744	1,580	—	—	—	—	—	4	33°42′	0,555	1,743	1,580	5	33°12′	0,548	1,766	1,601
25	6	35 29	0,580	1,666	1,510	3	35 28	0,580	1,667	1,511	—	—	—	—	—	3	35 31	0,581	1,665	1,509	—	—	—	—	—
26	6	36 22	0,593	1,631	1,478	5	36 19	0,592	1,633	1,480	2	36°20′	0,592	(1,632)	1,479	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	6	36 50	0,599	1,613	1,462	2	—	—	—	—	9	36 51	0,600	1,612	1,461	10	36 41	0,597	1,619	1,467	—	—	—	—	—
28	2	38 07	0,617	1,567	1,420	3	38 03	0,616	1,569	1,422	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	3	39 18	0,633	1,527	1,384	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	39 06	0,631	1,533	1,390
30	5	40 01	0,643	1,504	1,363	6	40 18	0,647	1,495	1,355	—	—	—	—	—	5	40 02	0,643	1,503	1,366	—	—	—	—	—
31	4	40 48	0,653	1,480	1,341	8	40 52	0,654	1,478	1,340	9	40 49	0,654	1,480	1,342	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	1	41 58	0,669	1,446	1,311	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	41 47	0,666	1,451	1,316
33	8	43 08	0,684	1,414	1,282	—	—	—	—	—	2	43 16	0,685	1,411	1,279	10	43 13	0,685	1,412	1,280	—	—	—	—	—
34	8	43 47	0,692	1,398	1,267	8	43 57	0,695	1,393	1,263	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	3	44 49	0,705	1,372	1,244	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	44 38	0,703	1,376	1,248
36	4	45 43	0,716	1,351	1,224	7	45 49	0,717	1,349	1,222	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	45 55	0,718	1,346	1,220
37	7	46 47	0,728	1,327	1,203	—	—	—	—	—	3	46 53	0,730	1,325	1,201	8	46 56	0,730	1,324	1,200	—	—	—	—	—
38	7	47 06	0,732	1,320	1,197	6	47 22	0,736	1,314	1,191	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	3	48 26	0,748	1,292	1,172	3	48 19	0,747	1,295	1,174	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	6	49 24	0,759	1,274	1,154	—	—	—	—	—	5	49 15	0,758	1,277	1,157	6	49 15	0,758	1,277	1,157	—	—	—	—	—
41	5	51 02	0,777	1,244	1,127	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	50 56	0,776	1,246	1,129	—	—	—	—	—
42	3	52 00	0,788	1,227	1,112	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4½	52 37	0,795	1,217	1,103
43	5	65 05	0,907	1,066	0,966	3	65 20	0,909	1,064	0,965	—	—	—	—	—	10	64 33	0,903	1,071	0,971	—	—	—	—	—

Сравнение линий порошкограммы каменного литья с линиями эталонных порошкограмм оливина, магнетита, авгита, а также и лабрадора приведено в таблице 18.

В данном случае расшифровки, как и в предыдущем, не всегда близки совпадения линий первых трех минералов, не говоря уже о лабрадоре, с линиями каменного литья.

Иногда расхождения в значениях относительной интенсивности доходят до 3-х баллов (линии №№ 18 и 25) и бывают велики отклонения для углов отблеска. Последнее может быть вызвано тем, что при наложении близких линий различных минералов происходит смещение их интерференционных максимумов.

Для лабрадора расхождения значительно бо́льшие, особенно у линий с большими углами отблеска.

Химический состав данной породы показан рядом.

Окислы	Весовые %
SiO_2	40,34
Al_2O_3	12,11
Fe_2O_3	19,14
CaO	18,05
MgO	9,50
Na_2O	0,86
Итого	100,00

В данном продукте плавки мы считаем установленным следующий минералогический состав: оливин, магнетит, авгит и плагиоклаз промежутка лабрадор-альбит.

SUMMARY

The aim of the present work which was begun after a similar work of V. Micheev (1) was to obtain the standard x-ray powder diffraction patterns of minerals and to determine the mineralogical composition of melted rocks by means of x-ray examination.

The methods of optical determination of the mineralogical composition of the melted rocks are not always satisfactory, and therefore the x-ray examination is for the present time a irreplaceable.

The x-ray powder method may be applied for the determination of the mineralogical composition of a casting and x-raying is to used to disclose their defects.

In order to identify the x-ray diffraction patterns of melted rocks with known minerals we had to obtain as many films of these minerals as possible.

By means of the x-ray powder method we have received the diffraction patterns of the following minerals: almandine ($Fe_3Al_2Si_3O_{12}$), grossular ($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$), actinolite $H_2Ca_2(Mg, Fe)_5(SiO_3)_8$, hornblende $(OH, F)_2(Na, Ca, K, Mn)_{2-3}(Mg, Fe, Ti, Mn, Al)_5(Si, Al)_8O_{22}$, sinthetic spinel ($MgAl_2O_4$) and two of melted rocks.

In order to avoid some experimental errors in the investigation of minerals it was necessary to have the diffraction patterns of pure specimens and those of specimens with admixture of rock salt (NaCl).

The curve of corrections for characteristic complex mineral lines of the films with NaCl was plotted according to the data of the angles of reflection for the rock salt lines and the difference between those angles and those theoreticaly calculated.

Another curve was built according to the data of the angles of reflection of a pure mineral and the difference between them and the corrected values of the angles of reflection for the characteristic complex mineral lines. On the last curve were made the corrections for the angles of reflection for all lines of the pure mineral.

The observed and calculated data are given in the tables.

The results of my work are the following:

1) The diffraction patterns of almandine and grossular are similar as to the order of their lines, but the lines of grossular are more shifted to the middle of the film because it has larger dimensions of its unit cell.

2) The diffraction patterns of actinolite and hornblende are practically quite identical.

3) The diffraction pattern of synthetic spinel in comparison with that of the natural one shows a shifting ot the lines towards the edges of the film. Its unit cell is smaller than that of the natural spinel.

We have noticed that all the three groups of minerals which have been investigated have different patterns.

The investigation of the melted rocks by means of the x-ray powder method showed that:

One of the melted rocks (diabase-picrite) consists of three minerals, viz. olivine, mineral of series diopside-aegirine-augite and magnetite; whereas by means of the optical method it was possible to distinguish two of them.

Another kind of rock, rich in Ca, consists of olivine, magnetite, augite, and a variety of plagioclase.

We could not identify some lines of the diffraction pattern for this rock as there were too few standard minerals at our disposal.

Therefore, it is very necessary to increase their number.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Михеев.—„Эталонные дебаеграммы минералов каменного литья".
2. Menzer. „Die Kristallstruktur der Granate". Zeitschrift für Kristallographie B. 69, H. $^3/_4$, S. 300—396, 1929.
3. Doelter.—„Handbuch der Mineralchemie" B. II, 2, S. 883, 1914.
4. B. Warren.—„The Structure of Tremolite $H_2Ca_2Mg_5(SiO_3)_8$". Zeitschrift f. Krist. B. 72, H. 1, S. 42—57, 1929.
5. B. Warren.—„The Crystal Structure and chemical Composition of the Monoclinic Amphiboles". Zeitschr. f. Krist. B. 72, H. $^5/_6$, S. 493, 1929.
6. K. H. Scheumann u. W. Lüdcke.—„Ueber Hornblendesynthese bei niederen Drucken". Abdruck, 1933.
7. F. Rodolico.—„L'acqua nella tremolite del Monte Spinosa nel Campigliese". Atti Reale Academia Rendiconti, Roma Vol. XVI (6) № 12, 1932.
8. Д. Белянкин. — „Очерки по петрографии Ильменских гор". Известия Политехнического Института, т. XII, вып. I, стр. 158.
9. E. Kordes. — „Kristallochemische Untersuchungen über Aluminium Verbindungen mit spinellartigem Gitterbau und über Fe_2O_3". Zeitschr. f. Krist. B. 91, H. $^3/_4$, S. 193—22, 1935.
10. Е. Ф. Алексеева и А. К. Болдырев. — „Рентгенографическое исследование искусственных флогопитов". Записки Минералогического Общества, II серия, ч. 64, вып. I, стр. 80—107, 1935.
11. А. Н. Заварицкий.—„Пересчет химических анализов изверженных горных пород" ОНТИ, 1933.
12. Спутник химика по Chemikal Kalender на 1935 г., т. I, стр. 13, Химтеорет, 1935.
13. Merrit. P. L. „The identification of jade by means of x-ray diffraction patterns". Am. Min. 17. 497—508, 1932.