

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

З. О. ЧИБУХЧЯН, Г. А. САРКИСЯН

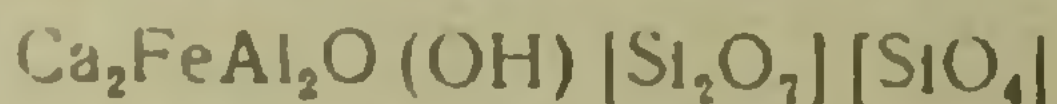
К СОСТАВУ И ДИСПЕРСИИ ДВУПРЕЛОМЛЕНИЯ ЭПИДОТОВ

Минералы группы эпидота, кристаллизующиеся в двух сингониях (ромбической и моноклинной), обладают сложной структурой и переменным составом, особенно в части октаэдрических позиций. Наиболее полно изоморфные замещения проявляются для Al^{3+} и Fe^{3+} и весьма ограничено для других элементов.

В настоящей статье приводятся данные по химизму и дисперсии двупреломления эпидотов из гидротермально измененных пород северо-восточного побережья оз. Севан, с целью дальнейшего использования выработанных диаграмм для оптического определения химического состава указанных минералов.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность Ж. С. Варта-рянян, проделавшей большую работу при наших исследованиях.

Прежде чем перейти к изложению полученных данных, кратко остановимся на некоторых особенностях структуры и химизма минералов группы эпидота. Не останавливаясь на взглядах, высказанных по структуре минералов эпидотовой группы [1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 и др.], рассмотрим общепризнанные в настоящее время представления Н. В. Белова и И. М. Румановой [2]. Основу структуры эпидотов составляют тянущиеся вдоль оси b колонки Al -октаэдров двух сортов. К колонкам одного сорта (Al_I -октаэдр) примыкают Fe -октаэдры, а к колонкам второго (Al_{II} -октаэдр) — Ca_{II} -полиэдры; колонки обоих сортов соединены одиночными $[SiO_4]$ -тетраэдрами и спаренными тетраэдрами $[Si_2O_7]$, а также Ca_I -полиэдрами. Развернутая структурная формула эпидота имеет следующий вид:



При рассмотрении структуры минералов группы эпидота представляет большой интерес влияние тех или иных катионов, могущих привести к качественному структурному изменению. Согласно данным В. В. Плошко и В. И. Богдановой [9], Н. В. Кумсковой и В. А. Хвостовой [8] влияние изменения химического состава в ряду эпидот-ортит на структурные особенности связано в основном с содержанием TR -элементов. С другой стороны, при рассмотрении оптических свойств в связи с составом [4] наблюдается их четкая зависимость для разностей с содержанием от 7 до 30 молек. % $Ca_2Fe^{3+}Si_2O_{11}(OH)$, которая нарушается для крайних

значений. Подобные отклонения отмечаются и для пьемонтита и ортита, а также чистого клиноцоизита, которые, по-видимому, свидетельствуют об их принадлежности к различным структурным подтипам (или типам?), что подкрепляется некоторыми данными рентгенометрии [8, 9].

Выяснение структурных особенностей необходимо по той причине, что при применении дисперсионного метода [7] лишь минералы одного структурного типа отражаются на диаграмме «состав-дисперсия двупреломления».

В качестве эталонов при исследовании дисперсии двупреломления для выявления связи ее с химическим составом были использованы эпидоты из гидротермально измененных пород северо-восточного побережья оз. Севан, а также в качестве контрольных—эпидоты из других районов.

Коротко остановимся на геологическом положении исследованных образцов. Юго-восточная часть Каранман-Зодского габбро-перидотитового массива (СВ побережье оз. Севан) подвергнута интенсивным гидротермально-метасоматическим преобразованиям в связи с послемагматической деятельностью малых интрузий гранитоидов. Одним из наиболее ранних процессов метасоматического изменения габбровых пород является их среднетемпературная пропилитизация, выраженная в амфиболитизации, эпидотизации, пренитизации, хлоритизации с образованием в них серии разноориентированных систем жил и полосчатых прожилков того же состава. Несмотря на площадной характер пропилитизации, отчетливо устанавливается усиление интенсивности изменений вмещающих габброндов с приближением к системам прожилков, около которых образуются оторочки актинолит-эпидотового состава, мощностью до 5—10 см. Среди жил и прожилков наибольшим развитием пользуются эпидотовые, мощность которых колеблется от долей миллиметра до 15—20 см. Эпидотовые жилы и прожилки характеризуются изменчивостью окраски; наиболее густо окрашенные в зеленый цвет эпидоты являются наиболее ранними, а светлоокрашенные—поздними. Заключительные стадии пропилитизации характеризуются замещением ранних эпидотов клиноцоизитом и пренитом и образованием мономинеральных прожилков, сложенных розовым клиноцоизитом и пренитом.

Для эпидотов из актинолитовой ассоциации наиболее обычна тонкополосчатая микротекстура с зернами радиально-лучистого и сноповидного строения. В ассоциации с пренитом эпидот образует идиоморфные мелкие призмы, а с клиноцоизитом—крупные идиоморфные призмы зонального строения.

Угол оптических осей (отрицательный) колеблется от 69 до 88°. Часты двойники по (100).

Химические составы этих эпидотов, а также других, использованных в качестве контрольных, приведены в табл. 1. Согласно химическим составам и произведенным по ним пересчетам кристаллохимической формулы (табл. 2) все они относятся к собственно эпидотам, лишь в некоторой степени отклоняющимся в сторону клиноцоизита, т. е. относятся к одному структурному подтипу, о чем свидетельствует соотношение

Таблица 1

Химические составы эпидотов (в вес. %)

Окислы	1	2	3	4		5		6	7
	обр. 1132	обр. 1125	обр. 1423	обр. „М-6“	„М-6“*	обр. 111	обр. 111*	обр. 3566	обр. 644
SiO ₂	37,52	37,56	38,18	39,28	37,40	37,90	36,33	36,78	36,86
TiO ₂	0,08	0,30	не обн.	22,12	22,16	0,60	0,62	0,23	0,13
Al ₂ O ₃	25,39	22,40	21,60	12,40	13,05	23,49	23,47	28,72	26,65
Fe ₂ O ₃	12,04	12,44	13,14	0,36	0,38	11,66	12,10	7,90	9,81
FeO	0,17	0,68	1,37	—	—	1,22	1,27	0,14	0,14
MnO	0,05	0,06	0,64	—	—	—	—	0,10	0,16
MgO	1,98	1,00	0,18	0,26	0,27	сл.	—	1,08	—
CaO	22,00	22,44	22,20	22,44	23,66	22,50	23,36	23,54	24,38
Cr ₂ O ₃	не обн.	0,03	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	сл.	сл.	не обн.	0,53	—	0,50	—	0,08	0,05
K ₂ O	сл.	сл.	не обн.	0,19	—	—	—	0,02	0,02
H ₂ O ⁺	не обн.	0,13	0,20	не обн.	—	0,12	—	не обн.	0,80
п.п.	1,44	2,08	2,62	2,92	—	2,47	—	1,96	1,86
Сумма	100,67	99,42	100,13	100,50	—	100,46	—	100,55	100,86

Места взятия образцов: 1132, 1125, 1423 — СВ побережье оз. Севан; М-6 — Шнох-Кохлский интрузив; 3566 — гранат-эпидотовый скарн в метаморфических сланцах Апаранского р-на; 644 — Анкаванский гранитоидный интрузив.

* В обр. „М-6“ и 111 ввиду сравнительно значительного содержания щелочей произведен вычет Or и Ab составляющих и анализы приведены к 100%.

$Ab: Fe^{3+}$ в единицах формулы, которое колеблется в пределах от 2,6 до 5,5.

Пересчеты кристаллохимической формулы произведены на основе восьми катионов. Здесь надо оговориться, что содержание гидроксильной группы (ОН) произведено расчетным путем [3], поскольку, во-первых, не во всех анализах приведены содержания H_2O_+ , а во-вторых, даже в этом случае нельзя быть уверенным в данных, так как эпидоты очень сильно удерживают гидроксил и при прокаливании теряют лишь часть воды.

Таблица 2

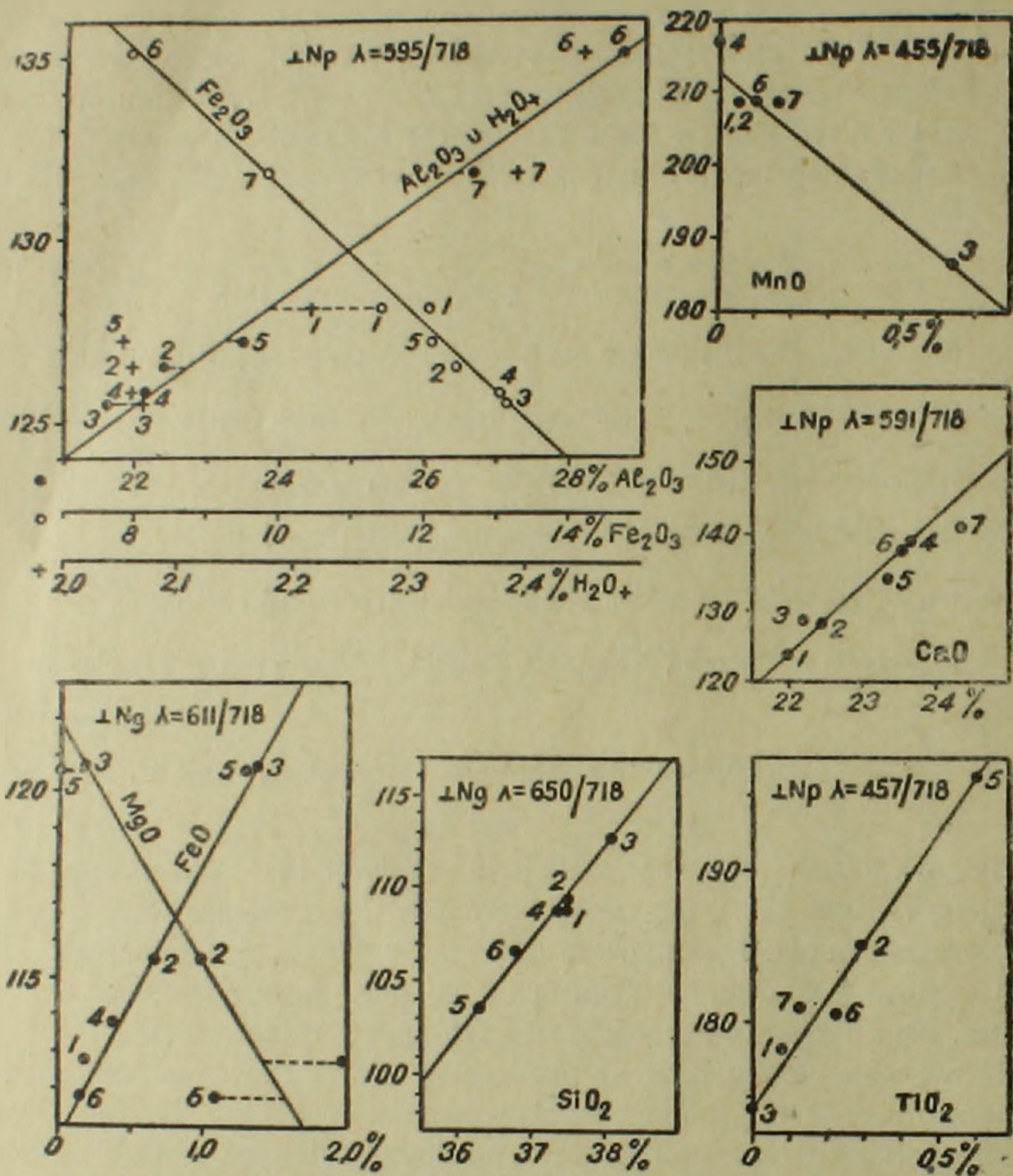
Кристаллохимические формулы эпидотов 1—7

1. $(Ca_{1,82} Fe_{0,01}^{2+} Mg_{0,17})_2 (Mg_{0,06} Fe_{0,71}^{3+} Al_{2,23})_3 (Al_{0,09} Si_{2,91})_3 (O_{11,85} OH_{0,15})_{12} (OH)$
2. $(Ca_{1,93} Fe_{0,05}^{2+} Mg_{0,02})_2 (Mg_{0,10} Mn_{0,01} Fe_{0,75}^{3+} Al_{2,12} Ti_{0,02})_3 Si_3 (O_{11,90} OH_{0,10})_{12} (OH)$
3. $(Ca_{1,92} Fe_{0,08}^{2+})_2 (Fe_{0,01}^{2+} Mg_{0,02} Mn_{0,04} Fe_{0,80}^{3+} Al_{2,06})_{2,93} Si_{3,07} O_{12} (OH)$
4. $Ca_{2,04} (Fe_{0,03}^{2+} Mg_{0,03} Fe_{0,80}^{3+} Al_{2,10})_{2,96} Si_3 (O_{11,90} OH_{0,10})_{12} (OH)$
5. $Ca_2 (Fe_{0,09}^{2+} Fe_{0,73}^{3+} Al_{2,18})_3 (Al_{0,04} Ti_{0,04} Si_{2,92})_3 (O_{11,87} OH_{0,13})_{12} (OH)$
6. $(Na_{0,015} Ca_{1,945} Mg_{0,04})_2 (Mg_{0,08} Fe_{0,01}^{2+} Mn_{0,005} Fe_{0,45}^{3+} Al_{2,455})_3 (Si_{2,84} Ti_{0,015} Al_{0,145})_3 (O_{11,74} OH_{0,26})_{12} (OH)$
7. $(Na_{0,01} Ca_{2,04})_{2,05} (Mn_{0,01} Fe_{0,01}^{2+} Fe_{0,57}^{3+} Al_{2,36})_{2,95} (Al_{0,10} Ti_{0,01} Si_{2,89})_3 (O_{11,76} OH_{0,24})_{12} (OH)$

В двух химических анализах (обр. «М-6» и III) содержание щелочей значительное и, по-видимому, обусловлено примесью полевошпатовых составляющих. При расчете формул эпидотов, из их составов вычтены щелочи с соответствующими им количествами глинозема и кремнезема. При расчетах использованы эти пересчитанные данные.

Исследование эпидотов на дисперсию двупреломления для связи с составом проведено в диапазоне волн длиной от 420 до 718 мμ. Содержания компонентов отражаются в различных длинах волн в сечениях $\perp Ng$ и $\perp Nr$, причем в качестве стандартного применялся светофильтр с $\lambda = 718$ мμ. Все данные по подбору сечения и светофильтров даются на диаграммах (фиг. 1). Коротко остановимся на некоторых особенностях приведенных диаграмм. Очень интересна общая диаграмма, составленная для Al_2O_3 , Fe_2O_3 и H_2O_+ . Все три компонента реагируют на одну и ту же волну ($\lambda = 595$ мμ) в сечении $\perp Nr$ (точки содержаний H_2O_+ даны крестиками). Как и следовало ожидать, изоморфизм $Al^{3+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$ находит воплощение в единстве диаграммы и противоположных наклонах прямых. Представляет интерес поведение H_2O_+ (вернее гидроксильной группы), содержание которого отражается на единой прямой с Al_2O_3 . Если учесть, что Al-октаэдры сложены ионами алюминия, окруженными атомами кислорода и гидроксила, т. е. имеем связи двух видов — AlO_4 и $AlO_4(OH)_2$, то

прямая зависимость между содержанием Al_2O_3 и H_2O_+ становится абсолютно ясной, не говоря уже об ограничении диаграммой "состав— K_d " этих структурных особенностей.



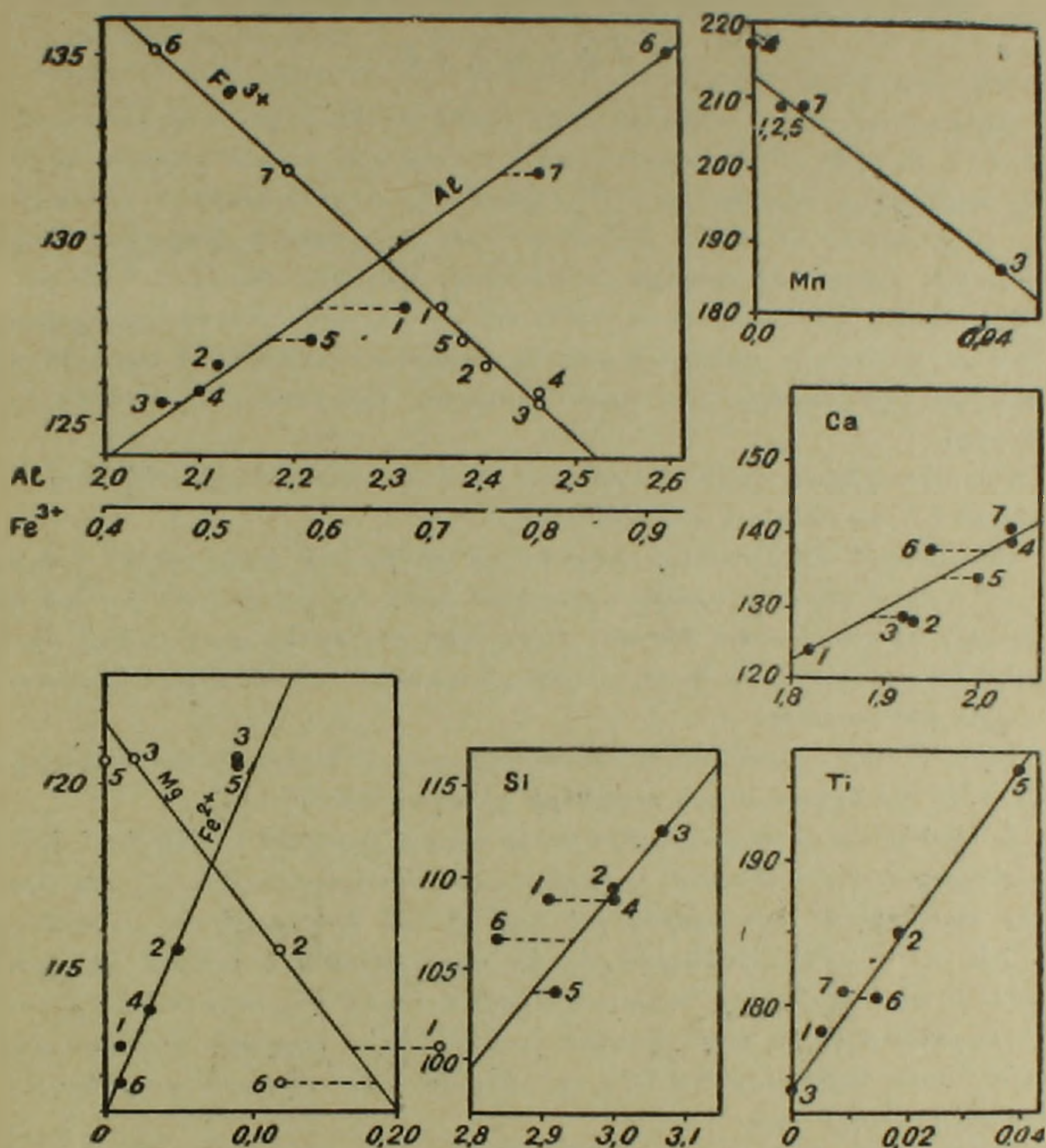
Фиг. 1. Диаграммы связи химического состава эпидитов с их дисперсией двупреломления. По оси ординат отложены значения K_d , а по оси абсцисс — содержания компонентов в вес. %.

Также общей является диаграмма для определения FeO и MgO , хотя они не являются определяющими компонентами, и их суммарные содержания не превышают 2% (вес.) Оса компонента реагирует на одну волну ($\lambda = 611$ мμ), а противоположные наклоны прямых свидетельствуют об изоморфизме между Fe^{2+} и Mg^{2+} .

Пределы отклонений точек от прямых допустимы, за исключением точки 1 для Al_2O_3 и MgO , а также точки 6 для MgO , погрешности определения которых сравнительно велики.

На основании полученных при пересчетах кристаллохимических формул данных (табл. 2) составлены также диаграммы (фиг. 2) для

определения структурных количеств, для которых используются те же значения K_0 , что и в случае химических составов.



Фиг. 2 Диаграммы для определения структурных количеств, соответствующих кристаллохимическим формулам эпидотов. По оси ординат отложены значения K_0 , а по оси абсцисс — структурные количества.

Авторы выражают искреннюю признательность А. Г. Казаряну и Р. Л. Мелконяну за предоставленные анализы эпидотов и шлифы к ним (обр. III и М-6).

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 2.VI.1965.

2. 2. ՉԻՐՈՒՆՉՅԱՆ, 2. 2. ՍԱՐԴՍՅԱՆ

ԷՊԻԴՈՏՆԵՐԻ ԿԱԶՄԻ ԵՎ ԵՐԿՐԵՆՄԱՆ ԴԻՍԳՐԱԴԻԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

էպիդոտների խմբի միներալները, որոնք ունեն բարդ ստրուկտուրաներ [1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10] և փոփոխական կազմություն, ուսումնասիրվել են ըստ իրենց երկբևեկման դիսպերսիայի [7] «կազմություն-դիսպերսիայի գործակից» կապի դիագրամներ ստանալու և հետազայում, էպիդոտների քիմիական կազմոսպտիկական եղանակով որոշելու նպատակով, դրանցից օգտվելու համար:

Երկբևեկման դիսպերսիան ուսումնասիրելիս որպես էտալոն օգտագործվել են Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան ափի հիդրոթերմալ-փոփոխված ապարներում տարածված էպիդոտները, իսկ որպես կոնտրոլ՝ էպիդոտներ նաև ուրիշ շրջաններին:

Ուսումնասիրված էպիդոտների օպտիկական առանցքների անկյունը բացասական է և տատանվում է 69 մինչև 88°:

էտալոնային միներալները ըստ իրենց քիմիական կազմության (աղյուսակ 1) և նրա վերահաշվումից ստացված կրիստալոքիմիական բանաձևերի (աղյուսակ 2) պատկանում են բուն էպիդոտներին, որոնք որոշ չափով միայն չեղվում են կլինոգոբիտի կողմը, այսինքն պատկանում են միենույն ստրուկտուրային ենթատիպին:

էպիդոտների երկբևեկման դիսպերսիայի ուսումնասիրությունը կատարված է 420—718 mμ երկարության ալիքների դիապազոնում:

Կոմպոնենտների բաղադրությունները արտահայտվում են Ng-ին և Np-ին ուղղահայաց կտրվածքներում ալիքների տարբեր երկարությամբ, ընդ որում որպես ստանդարտ օգտագործվել է λ—718 mμ երկարության լուսաֆիլտր (նկ. 1): $Al^{3+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$ իզոմորֆիզմը իր արտացոլումն է գտնում դիագրամի միասնության և ուղիղների հակառակ թեքվածության մեջ. այս խմբի միներալների ստրուկտուրային առանձնահատկություններից ուղղակի կախման մեջ է գտնվում նաև հիդրոթերմալ խումբը, որը Al_2O_3 -ի հետ միասին պատկերվում է միասնական ուղղի վրա:

Կրիստալոքիմիական բանաձևերի հաշվարկումից ստացված տվյալների հիման վրա կազմված են նաև դիագրամներ (նկ. 2), որոնցում օգտագործված են Կ. Նույն արժեքները, ինչ որ քիմիական կազմությունների դեպքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии. 7. О структуре эпидота. Минер. сб. Львовского геологич. об-ва, № 5, 1951.
2. Белов Н. В. и Руманова Н. М. Кристаллическая структура эпидота $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}(OH)$. ДАН СССР, 1953, т. 89, № 5.
3. Борнеман-Старынкевич И. Д. Руководство по расчету формул минералов. Изд. «Наука», М., 1964.
4. Дир У., Хаун Р., Зусман Дж. Породообразующие минералы, Изд. «Мир», М., 1965, т. I, перевод с англ. под ред. В. П. Петрова.
5. J. Ito. The structure of epidote $HCa_2(Al Fe) Al_2Si_3O_{12}$. Amer. Mineral., 1947, 32.
6. J. Ito, N. Morimoto, R. Sadanaga. On the structure of epidote. Acta Cryst., 1954, 7.
7. Е. А. Кузнецов. Дисперсионный метод анализа минералов. Научн. докл. Высшей школы, геолого-геогр. н., 1959, № 2.

8. Кумскова Н. М. и Хвостова В. А. Рентгенографическое изучение минералов группы эпидота-ортита. Геохимия, № 7, 1964.
9. Плошко В. В., Богданова В. И. Изоморфные замещения в минералах группы эпидота Северного Кавказа. Геохимия, № 1, 1963.
10. Соболев В. С. О структуре эпидота и других работах Ито по структуре силикатов. Минер. сб. Львовск. геологич. общ-ва, № 3, 1949.