

- Лебедева С. И. (1963). Определение микротвердости минералов. Изд. АН СССР.
- Михеев В. И. (1957). Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат.
- Рудашевский Н. С., Н. Н. Шишкин, И. А. Будько, А. Ф. Сидоров, Г. В. Спиридонов. (1975). Никельскуттерудит — крайний член изоморфного ряда NiAs_3 — CoAs_3 . Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 104, вып. 2.
- Сидоров А. Ф., С. Г. Конников, Е. М. Лукьянченко. (1970). Некоторые вопросы количественного микрорентгеноспектрального анализа. В сб.: Аппаратура и методы рентгеновского анализа, вып. 7. Л.
- Штрунц Х. (1962). Минералогические таблицы. Госгортехиздат.
- Bayliss P. (1969). X-ray data, optical anisotropism and thermal stability of cobaltite, gersdorffite and ulmanite. *Miner. Mag.*, v. 37, № 285.
- Colby I. W. (1965). Absorption correction tables for mikroprobe analysis: effect of critical excitation potential. NBS, spec. publ., № 944.
- Colby I. W. (1966). The applicability of theoretically calculated intensity correction in mikroprobe analysis. *Electron Microprobe*. N. Y.
- Duncumb P., P. K. Shields. (1966). Effect of critical excitation potential on the absorption correction. *Electron Microprobe*. N. Y.
- Heinrich K. F. I. (1966). X-ray absorption uncertainty. *Electron Microprobe*. N. Y.
- Holmes R. J. (1947). Higher arsenides of Co, Ni and Fe. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 58, № 4.
- Kašpar P., K. Paděra. (1970). Gersdorffite with unusually high lattice constant from Potucký near Jachimov. *Acta Univ. Carol., Geol.*, № 3.
- Klemm D. D., T. Weiser. (1965). Hochtemperierte Glanzkobalt—Gersdorffit—Mischkristalle von Outokumpu (Finland). *Ns. Jb. Miner. Monatsh.*, H. 3.
- Мрňa F., Мрňa Ф. (1963). Месторождения Ag-Bi-Co-Ni руд в Яхимове. В сб.: Некоторые рудные месторождения Чешского массива. Конф. по проблемам постмагматического рудообразования. Изд. АН ЧССР. Прага.
- Mrňa F., D. Pavlů. (1967). Ložiska Ag-Bi-Co-As-Ni-formace v Českem masivu. (Lagerstätten der Ag-Bi-Co-Ni-As-Formation im Böhmischem Massiv). *Sbor. geol. věd.*, LG, № 9. Praha.
- Radcliffe D. (1968). Structural formula and composition of scutterudite. *Canad. Miner.*, v. 9, № 4.
- Roseboom E. H. (1962). Scutterudites $(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$: composition and cell dimension. *Amer. Miner.*, v. 47.
- Rosner B. (1970a). Mikrosonden Untersuchungen an natürlichen Gersdorffiten. *Ns. Jb. Miner. Monatsh.*, H. 11.
- Rosner B. (1970b). Untersuchungen mit der Elektronenstrahlmikrosonde an natürlichen Skutteruditen. *Contr. Miner. Petrol.*, v. 28, № 2.
- Wittrey D. B. (1962). Fluorescence by characteristic radiation in electron probe microanalysis. USCEC, Report 82-204, Univ. southern Calif. Engineering Center.
- Yund R. A. (1962). The system Ni—As—S: Phase relations and mineralogical significance. *Amer. J. Sci.*, v. 260, № 10.

Московский государственный университет,
институты «Гипроникель» и «Механообр»,
Ленинград,
Центральный научно-исследовательский
горноразведочный институт (ЦНИГРИ),
Москва, Карлов университет, Прага.

Поступила в редакцию
2 января 1975 г.

УДК 549.732

Д. члены С. В. МАЛИНКО, Д. П. ШАШКИН и К. В. ЮРКИНА

ФЕДОРОВСКИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ БОРА — И ИЗОМОРФНЫЙ РЯД РОУИТ — ФЕДОРОВСКИТ¹

Кальциево-марганцевый борат роуит $\text{CaMnB}_2\text{O}_4(\text{OH})_2$ был впервые установлен в единственном образце из цинковых рудников Франклина, шт. Нью-Джерси, США (Bergman, Gonyer, 1937). Образец представлял

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 5 мая 1975 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 16 мая 1975 г.

тонкую жилу почти чистого роуита, ассоциирующего с томсонитом, франклинитом, виллемитом и цинкитом. Недавно опубликованы работы американских исследователей (Aristarain и др., 1974; Moore, Araki, 1974), существенно уточнившие и дополнившие первое описание этого минерала; в соответствии с расшифровкой структуры кристаллохимическая формула роуита представляется в виде $\text{Ca}_2\text{Mn}_2^{2+}(\text{OH})_4 [\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2]$.

Магниева разновидность роуита впервые обнаружена в боратовых рудах контактово-метасоматического месторождения Солонго в Бурятии (Малинко и др., 1972). Результаты рентгеноструктурного исследования (Ямплова и др., 1975) показали изоструктурность этой разновидности и роуита.

Химические анализы (Bergman, Gonyer, 1937; Малинко и др., 1972) и кристаллохимические формулы роуита и магниевого роуита, рассчитанные авторами данной статьи, соответственно

$(\text{Ca}_{1.94}\text{Mn}_{0.06})_{2.00}(\text{Mn}_{1.65}\text{Mg}_{0.18}\text{Zn}_{0.17})_{2.00}[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2](\text{OH})_4$
и $\text{Ca}_{1.84}(\text{Mn}_{1.08}\text{Mg}_{0.81}\text{Fe}_{0.06})_{1.95}[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2](\text{BO}_3)_{0.21}(\text{OH})_{3.37}^2$, свидетельствуют о значительном их различии по химическому составу: марганцевистость первого 87%, а второго — 55%; в состав роуита из Франклина входит некоторое количество Zn, отсутствующее в минерале из Солонго; в последнем обнаружено Fe, не установленное в роуите (примеси Fe и Zn в рассматриваемых минералах, очевидно, соответствуют геохимической специфике их образования). Расчет показал, что в анализе роуита из Франклина существенно занижено содержание воды по сравнению с принятой формулой. В соответствии с различиями химических составов физические свойства Mg-роуита существенно отличаются от свойств роуита (Малинко и др., 1972).

Результаты детального исследования новых находок роуита в борных рудах Солонго показали, что его химический состав и физические свойства изменяются в значительно более широких пределах, чем было известно ранее, что позволяет в целом говорить о минералах группы роуита.

Характерно чрезвычайное разнообразие парагенезисов и форм выделения минералов группы роуита в рудах и борсодержащих породах месторождения Солонго: парагенезис с сахаитом вплоть до образования взаимных прорастаний и биминеральных метакристаллов (эта ассоциация является наиболее распространенной в месторождении); полиборатовые роуито-фроловитовые, роуито-уралборито-фроловитовые и мономинеральные роуитовые прожилки и гнезда в курчатовито-сахайтовой руде (в полиборатовых прожилках минералы группы роуита обнаруживают более раннее образование по отношению к уралбориту и фроловиту; по масштабам распространения эти ассоциации с роуитом подчинены первой, а по времени образования являются более поздними); парагенезис с кальциевыми боросиликатами (датолитом и ботриолитом) в свабитсодержащих гранато-везувиановых скарнах вне контура курчатовито-сахайтовых руд, не отмеченный при первом описании роуита Солонго.

Последняя ассоциация роуита весьма интересна, поскольку представляет редкий случай парагенезиса бората с боросиликатами в эндогенных рудах. Роуит в свабитсодержащих гранато-везувиановых скарнах выделяется в виде мелких пятен темно-коричневого цвета размером от нескольких миллиметров до 1.0 см обычно с неправильными по форме извилистыми ограничениями. Под микроскопом наблюдаются замещение роуитом карбонатов пород и иногда коррозия везувиана. Для минерала здесь характерны резкий плеохроизм от ярко-желтого до бесцветного и пятнистое распределение окраски в зернах. Датолит и ботриолит, образующие тонкозернистые сростания, частично замещают роуит (рис. 1).

Роуит в ассоциации с сахаитом обычно интенсивно замещен тонкоиглообразными агрегатами марганцевого ссайбелиита, нередко вплоть до образо-

² Избыток бора, по-видимому, представлен группами (BO_3^-) , обеспечивающими электронейтральность структуры Mg-роуита.

вания полных псевдоморфоз (Малинко и др., 1972). В значительно меньшей степени этому изменению подвержены прожилки минералов группы роуита, среди которых встречаются и абсолютно лишенные ссайбелиита.

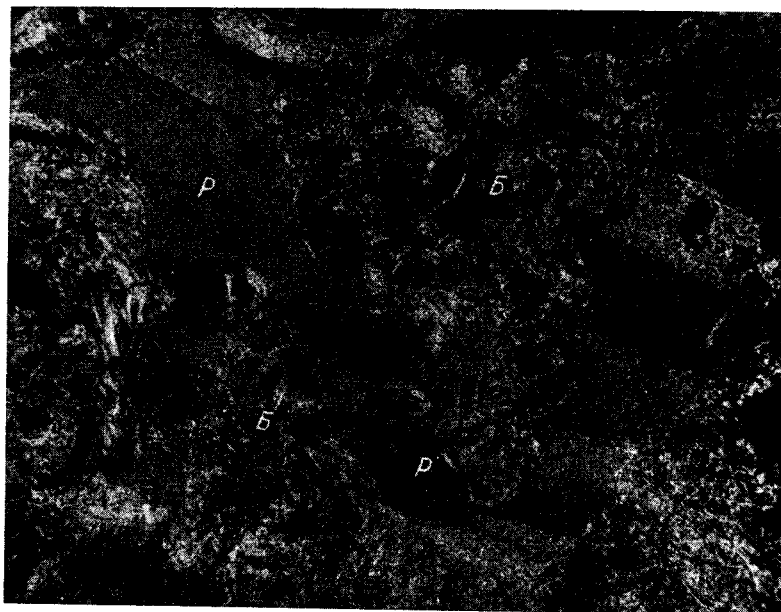


Рис. 1. Роуит (Р) и ботриолит (Б) в свабитсодержащем гранато-везувиановом скарне. Ник. скрещ., увел. 72.



Рис. 2. Роуито (Р)-ботриолитовые (Б) сферолиты в свабитсодержащем гранато-везувиановом скарне. Ник. скрещ., увел. 72.

Наконец, в ассоциациях с боросиликатами замещение роуита ссайбелиитом отсутствует вообще.

Обычно минералы группы роуита в породах и рудах месторождения Солонго представлены зернами неправильной формы, в которых нередко

отмечаются полисинтетические двойники. Значительно реже встречаются мелкие кристаллы роуита с характерными ромбическими сечениями. В прожилках роуит имеет поперечное волокнистое строение. Нередко скопления роуита имеют агрегатное строение. Изредка встречаются сферолиты роуито-ботриолитового состава, в центральных зонах которых расположены округлые выделения роуита (в скрещенных николях имеют

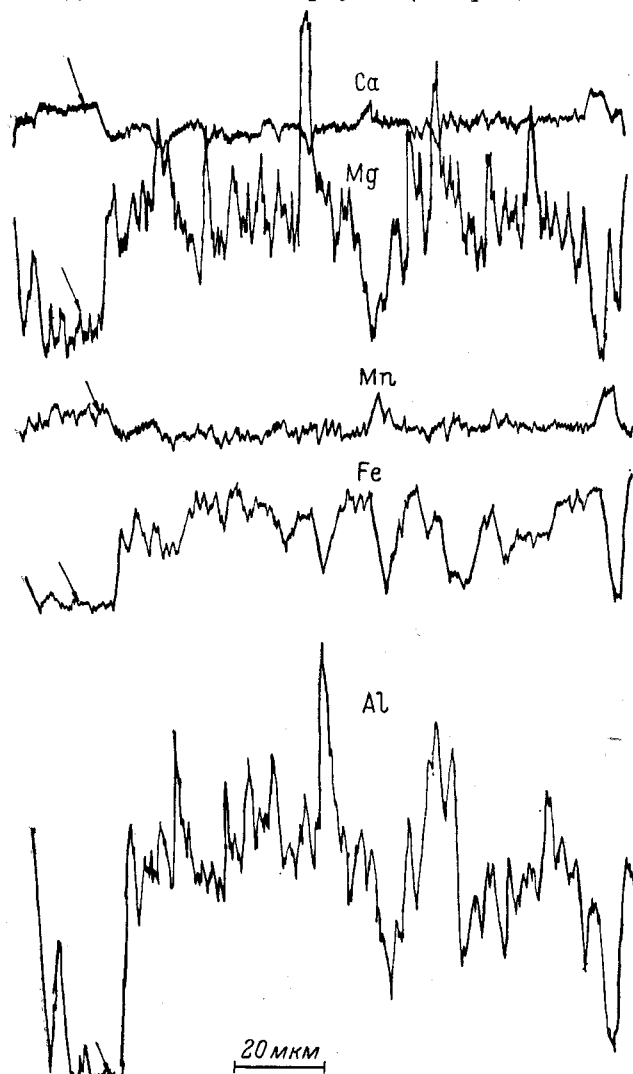


Рис. 3. Распределение интенсивностей аналитических линий Ca, Mg, Mn, Fe и Al в роуите из парагенезиса с ботриолитом. Микроанализатор MS-46.

зональное распределение интерференционной окраски), обрастающие радиальнолучистым ботриолитом (рис. 2).

Поскольку химический анализ Mg-роуита Солонго ранее был выполнен только на материале, отобранном из роуито-фроловитового прожилка, нами для сравнения изучен также химический состав этого бората, возникшего на разных этапах гидротермального процесса (роуит из мономинеральных прожилков и гнезд, из парагенезисов с сахатом, а также с датолитом и ботриолитом). Такие исследования оказалось возможным провести только с помощью локального микрорентгеноспектрального анализа на микроанализаторах MS-46 и Camebax.

В зернах роуита из парагенезиса с ботриолитом установлено равномерное распределение марганца и кальция и неравномерное — магния и железа, взаимно дополняющих друг друга (рис. 3). На растровых картинах в рентгеновых лучах кальция, марганца, магния и железа (рис. 4) неоднородное распределение отчетливо видно только для железа, разрешение же по магнию четко не наблюдается, по-видимому вследствие меньшей чувствительности анализа на этот элемент. Неравномерное

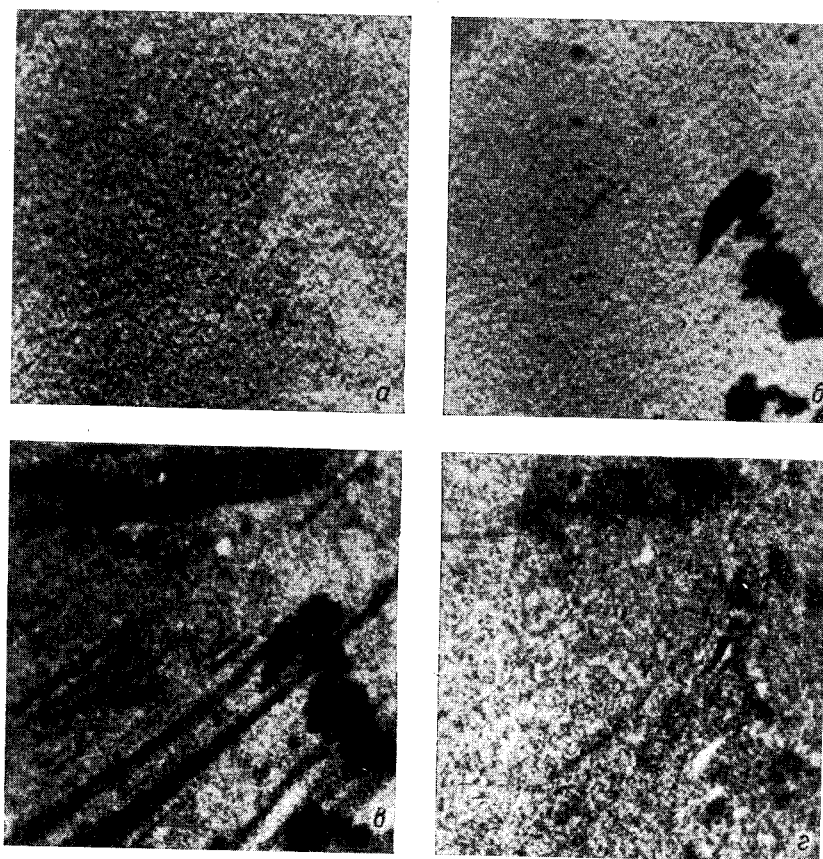


Рис. 4. Растровые изображения роуита в характеристических рентгеновых лучах кальция (а), марганца (б), железа (в) и магния (г). Микроанализатор MS-46.

распределение железа, вероятно, является причиной неравномерной окраски зерен роуита и их пятнистого плеохроизма.

Результаты количественного определения содержания катионов в составе роуита из парагенезиса с ботриолитом (табл. 1, ан. 2) определяют марганцовистость его (65%) более высокую, чем у Mg-роуита, описанного нами ранее (55%), но более низкую, чем у роуита из Франклина (87%). Обращает внимание вхождение в рассматриваемый роуит небольших количеств Al и Si, что, по-видимому, является его типоморфной особенностью в данном парагенезисе.

В минерале группы роуита из мономинерального прожилка, пересекающего сахаитовую руду, установлено равномерное распределение кальция, магния, марганца и железа. Марганцовистость его всего 35% (табл. 1, ан. 4).

Агрегаты минералов группы роуита из ассоциации с сахаитом гетерогенны часто даже при самых больших увеличениях (рис. 5). Линейное

сканирование этих образцов выявляет срастание кальциево-магниевого (роуит) и магниевого (ссайбелиит) боратов (рис. 6). Составы этих минералов уточнялись точечными анализами. Количественное определение катионов в составе бората изученной группы из парагенезиса с сахайтом установило минимальную его марганцовистость: 20 и 18% (табл. 1, ан. 5 и 6).

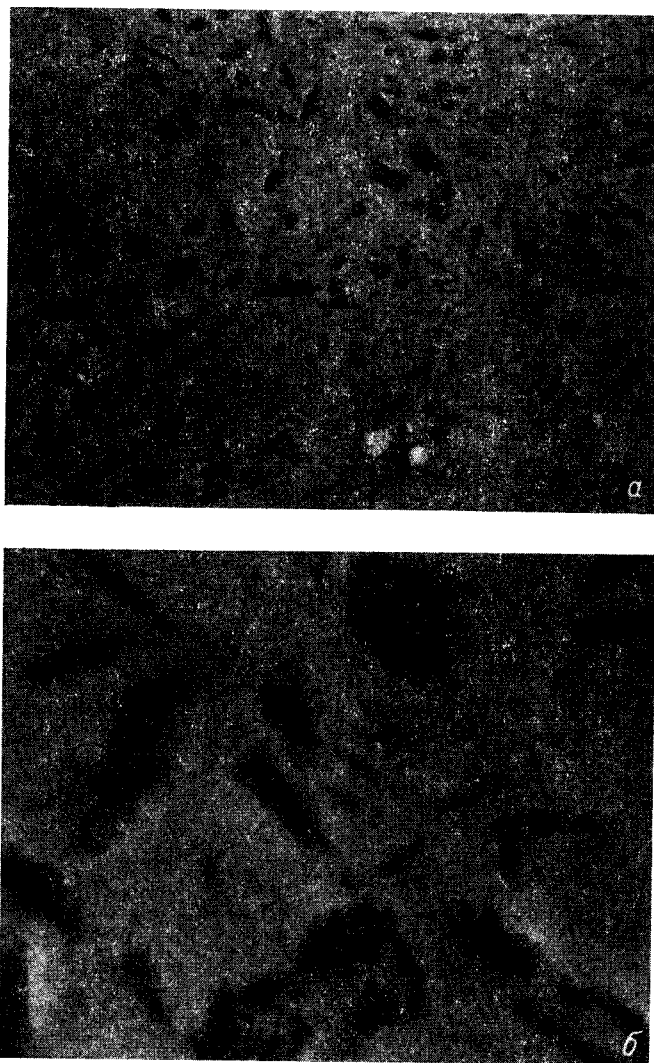


Рис. 5. Растровые изображения роуита из парагенезиса с сахайтом во вторичных электронах. В роуите видны многочисленные включения ссайбелиита. Микроанализатор *Самевал*. Увел.: 2000 (а) и 10 000 (б).

При исследовании минералов группы роуита была предпринята попытка провести количественный микрорентгеноспектральный анализ на бор. В качестве эталона на бор для анализа роуитов использовался синтезированный курчатовит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Mn})\text{B}_2\text{O}_5$ с известным химическим составом. Следует отметить, что линии K_α -бора по форме и положению их максимумов для роуита и курчатовита практически совпадают, в то же время по этим параметрам они сильно отличаются от B_{K_α} в чистом элементе (рис. 7). Относительная интенсивность линии бора в роуите, если в качестве эталона используется курчатовит, составляет 0.97, что определяет

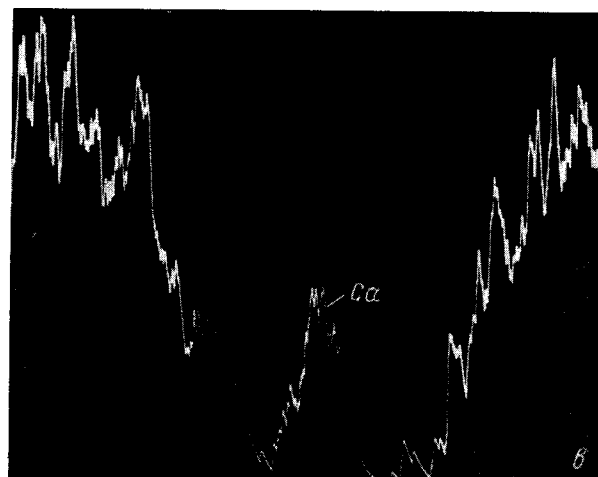
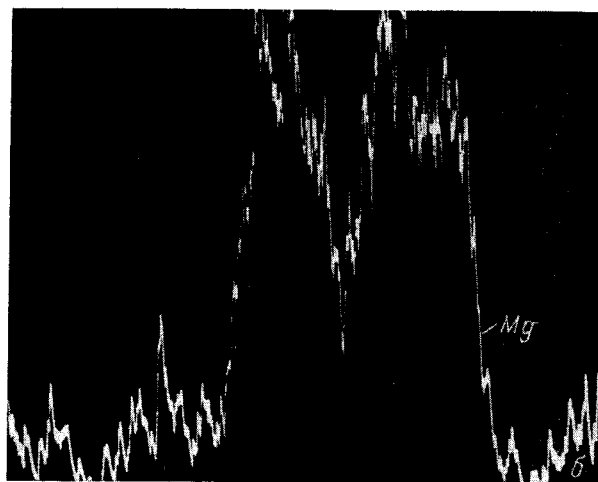


Рис. 6. Распределение магния и кальция в рутило-сайдбелитовом агрегате из саидбелитовой руды. Микроанализатор *Самсвах*.
а — растровое изображение в обратно рассеянных электронах, увел. 10 000;
б и *в* — распределение интенсивностей аналитических линий магния и кальция.

концентрацию бора во всех проанализированных образцах минералов группы роуита, равную ~11%.

Необходимо обратить внимание на некоторую методическую трудность количественного анализа на бор наших боратов, содержащих высо-

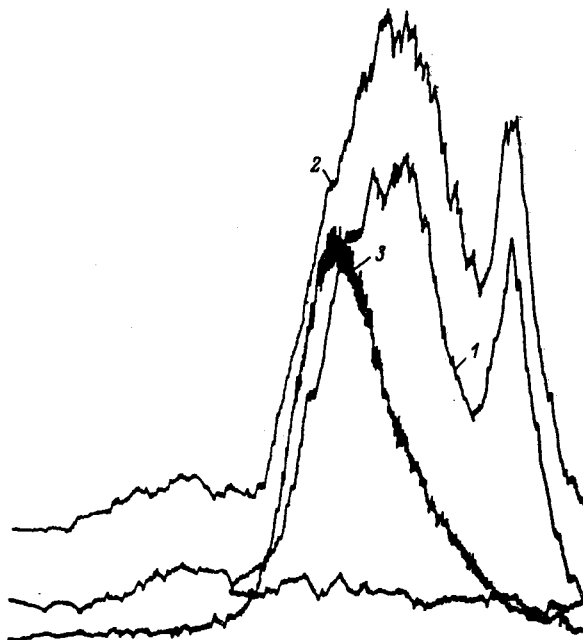
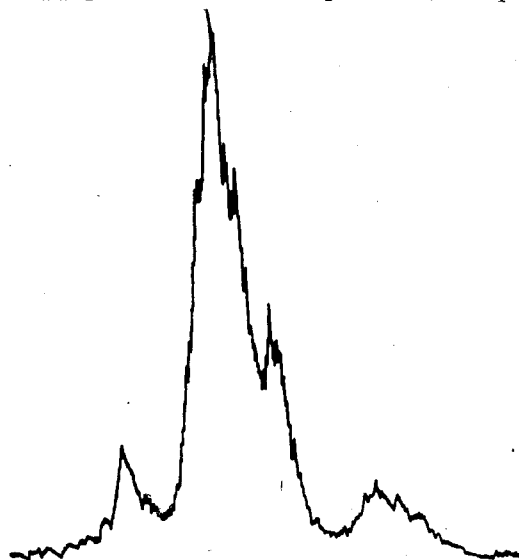


Рис. 7. K_{α} -линии бора в роуите (1), курчатовите (2) и чистом боре (3).

кую концентрацию кислорода. В области $B_{K_{\alpha}}$ расположена линия кислорода в третьем порядке отражения, избавиться от которой даже в режиме дифференциальной дискриминации при использовании проточного про-



порционального счетчика полностью не удастся (рис. 8). Однако снижением ускоряющего напряжения линию кислорода удалось полностью исключить из спектра, в то время как интенсивность линии бора уменьшилась незначительно (рис. 9). Поэтому все измерения относительных интенсивностей линии бора в исследуемых образцах проводились при ускоряющем напряжении 2 кв.

Рис. 8. K_{α} -линии бора в роуите при ускоряющем напряжении 10 кв (режим дифференциальной дискриминации).

Данные, полученные и для других элементов относительно курчатовита в качестве эталона, хорошо согласуются с результатами, полученными относительно других эталонов: чистых магния и марганца, а также флюорита (на Са).

Таблица 1

**Химический состав и физические свойства роунта и федоровскита
из месторождений Франклин, США (ан. 1), и Солонго, Бурятия (ан. 2—6)**

Компоненты, свойства, характеристики	Роунт			Федоровскит (микрорентгено- спектральный анализ)		
	с томсонитом — ан. 1 (химический)	с ботриолитом — ан. 2 (микрорентгено- спектральный)	с фроловитом — ан. 3 (микрохими- ческий)	из мономинерального прожилка — ан. 4	с сахантом и ссайбелинитом	
					ан. 5	ан. 6
Химический состав (в вес. %)						
Ca	16.8	18±0.5	17.4	18±0.5	17±0.5	17±0.5
Mn	21.7	17±0.5	14.0	9±0.5	6±0.5	5±0.5
Mg	1.4	3±0.5	4.5	7±0.5	9±0.5	10±0.5
Fe	Не обн.	2±0.5	1.0	1±0.5	1±0.5	1±0.5
B	10.1	~ 11	10.9	~ 11	~ 11	~ 11
Zn	2.5	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Al	Не обн.	0.6±0.1	» »	» »	» »	» »
Si	» »	0.6±0.1	» »	» »	» »	» »
Марганцовистость Mn						
(Mn + Mg + Fe + Zn) (в ат. %)	87	65	55	35	20	18
Пространственная группа симметрии	$D_{2h}^3 = Pbam$					
a_0 (в Å)	9.057±0.001	9.03±0.02	9.01±0.02	8.96±0.02		
b_0 (в Å)	13.357±0.002	13.31±0.02	13.25±0.02	13.15±0.02		
c_0 (в Å)	8.289±0.001	8.27±0.02	8.27±0.02	8.15±0.01		
V_0 (в Å³)	1002.75	993.97	987.29	960.27		
$\rho_{\text{рент.}}$	2.962	2.89	2.74	2.60		
Уд. вес (измеренный)	2.935±0.005	2.90±0.01	2.73±0.01	2.65±0.01		
N_g	1.663±0.003	1.654±0.001	1.641±0.001	1.634±0.001	1.632±0.001	1.629±0.001
N_p	1.648±0.003	1.643±0.001	1.630±0.001	1.623±0.001	1.622±0.001	1.619±0.001
N_m	1.660±0.003	1.653±0.001	1.640±0.001	1.632±0.001	1.630±0.001	1.627±0.001
–2V (в град.) для различных λ (в нм)						
430	42					
493	—	50	53	58		
589	28					
596	—	40	43	48		
678	16					
661	—	30	33	38		
Дисперсия $r < v$	Сильная			Очень сильная		
Твердость по шкале Мооса				4.5		
Отношение к кисло- там	В воде нерастворимы, растворяются в разбавленной HCl					
Характер выделения	Доскообраз- ные и упло- щенные кристаллы без изме- римых конечных граней	Удлиненные призматические и неправильной формы зерна, иногда с ромбическими сечениями, также агрегаты волок- нистого строения				
Спайность		Хорошая по (100)				
Двойникование	Отсутствует	Полисинтетическое по (100)				
Цвет	Коричне- вый	Темно- коричневый	Коричневый и буровато-коричневый			
Плеохроизм	От желто- коричневого по N_g до бесцветного по N_p	От ярко-желтого и желтого по N_g до светло-желтого и бесцветного по N_p				

Таким образом, в различных образцах минералов группы роуита из месторождения Солонго локальным микрорентгеноспектральным и микрохимическим анализами установлены широкие вариации содержаний магния и марганца при относительно постоянных количествах кальция и бора.

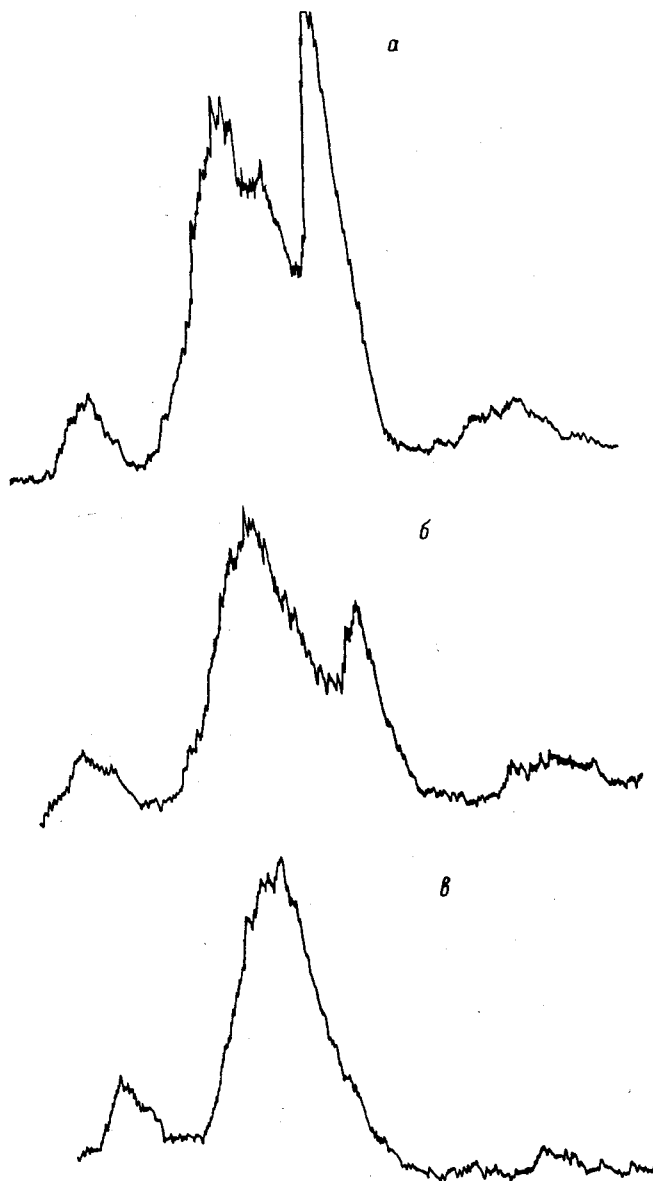


Рис. 9. K_{α} -линии бора в роуите при ускоряющих напряжениях 10 (а), 5 (б) и 2 (в) кв (режим интегральной дискриминации).

Широкие вариации содержания магния и марганца влекут за собой существенные изменения по сравнению с роуитом из Франклина физических свойств и рентгеновских характеристик рассмотренных минералов группы роуита. В связи с этим целесообразно минералы этой группы с марганцовистостью ниже 50% выделить в самостоятельный минеральный вид. В память об известном минералоге, революционере, организаторе и первом директоре Всесоюзного научно-исследовательского института

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета дебаеграмм роуита и федоровскита из месторождений
Франклин и Солонго

Роуит, Франклин (Aristarain и др., 1974)				Роуит, Солонго (из ассоциации с ботриолитом), по данным авторов				Mg-роуит, Солонго, из роуито- фрловитово- го прожилка (Ямнова и др., 1975)		Федоровскит, Солонго (из моно- минерального прожилка, по дан- ным авторов)		
hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	d _{измер.}	I	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I
001	8.29	8.30	26	001	8.30	8.26	4	8.268	16			
110	7.50	7.49	6	110	7.13	7.04	4	7.628	57	7.22	7.40	3
020	6.68											
111	5.56											
120	5.38	5.37	13					5.372	20	5.29	5.30	5
021	5.20											
200	4.528	4.530	10									
121	4.510	4.512	17	121	4.51	4.50	4	4.506	20	4.50	4.46	5
210	4.289	4.287	9	210	4.24	4.27	2					
002	4.144	4.145	13	002	4.11	4.13	2					
130	3.996	—	—	130	4.01	3.98	5	—	—	3.98	3.94	4
201	3.974	3.974	100	201	3.97	3.96	10	3.976	93	3.92	3.93	10
211	3.809	3.805	7									
220	3.748											
112	3.627	3.626	16	112	3.61	3.61	4	3.627	9	3.61	3.57	4
131	3.599	—	—	131	3.58	3.59	4	—	—	3.56	3.55	3
022	3.522											
221	3.415											
040	3.339	—	—	040	3.34	3.33	4					
122	3.282	3.283	22	—	—	—	—	3.283	17	3.25	3.23	5
230	3.175	—	—	—	—	—	—	3.232	11			
140	3.133	—	—	140	3.10	3.08	5					
041	3.097	3.097	16	041	3.06	3.08	5					
202	3.057	3.059	27	202	3.03	3.04	7	3.042	100	3.02	3.02	7
212	2.980	2.978	8	—	—	—	—	—	—	2.96	2.94	2
231	2.965											
310	2.945	2.944	11									
141	2.931	—	—	—	—	—	—	2.92	40	2.90	2.89	2
132	2.876	—	—	132	2.87	2.87	4	—	—	2.85	2.83	5
222	2.780											
311	2.775											
003	2.763	2.762	9									
320	2.751	2.751	23	320	2.74	2.74	5	2.737	40	2.27	2.72	5
240	2.688	2.684	7	240 (013)	2.70	2.70	4	2.667	20	2.68	2.66	3
321	2.61											
042	2.600	2.600	72	042	2.61	2.59	10	2.600	100	2.59	2.58	10
113	2.592											
150	2.562											
241	2.556	2.556	13	241	2.56	2.54						
023	2.553											
232	2.520	2.523	1	232	2.52	2.51	3					
330	2.499	2.495	3	—	—	—	—	2.462	16			
123	2.457	—	—	123	2.44	2.44	4	—	—	2.43	2.42	2
151	2.448	2.448	8									
312	2.400	2.399	11	312	2.39	2.40	4	2.390	24	2.39	2.37	4
331	2.392											
203	2.359											
213	2.323	2.322	7									
250	2.301											
322	2.292	2.291	19	322	2.295	2.292	6	2.281	28	2.28	2.26	6
133	2.272	—	—	133	2.265	2.267	6					
400	2.264	2.264	32	—	—	—	—	2.259	31			
242	2.255	—	—	242	2.245	2.245	2	—	—	2.24	2.22	5
340	2.239											
410	2.232											
060	2.226											
223	2.224	—	—	—	—	—	—	—	—	2.202	2.208	1
251	2.217											

Т а б л и ц а 2 (продолжение)

Роуит, Франклин (Aristardin и др., 1974)				Роуит, Солонго (из ассоциации с ботриолитом), по данным авторов				Mg-роуит, Солонго, из роуито- фроровито- вого про- жилка (Ямнова и др., 1975)		Федоровскит, Солонго (из моно- минерального прожилка, по дан- ным авторов)		
hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	d _{измер.}	I	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I
401	2.184	2.184	49									
152	2.179	—	—	152	2.185	2.172	8	2.172	32			
341	2.162	—	—	(401)*	—	—	—	—	—	2.163	2.160	6
160	2.162											
411	2.156	2.156	17	411 (341)	2.155	2.154						
061	2.150	2.150	11									
420	2.144											
332	2.140	—	—	332	2.133	2.132	8					
043	2.129	2.128	37	—	—	—	—	2.127	28	2.119	2.117	7
161	2.092	—	—	161	2.097	2.084	3	2.094	12			
233	2.084											
421	2.076	—	—	421	2.073	2.070	4	—	—	2.067	2.054	4
143	2.072											
004	2.072	} 2.071	15									
430	2.018											
313	2.015											
252	2.012	} 2.014	7	313 (252)	2.013	2.010	4					
350	2.001	—	—	—	—	—	—	—	—	2.004	2.001	4
124	1.934	1.932	16	124 (261)	1.937	1.935	5					
243	1.926	1.926	18	243 (323)*	1.919	1.919	5	1.911	29	1.926	1.923	5
162	1.917	1.916	15	—	—	—	—	1.884	37	1.909	1.904	6
				034	1.875	1.875	6					
441	1.828	1.827	7	—	—	—	—	—	—	1.803	1.805	3
224	1.814	1.813	6									
510	1.795	1.795	6	610 (352)	1.795	1.795	3	1.797	27	1.779	1.777	3
520	1.748	1.749	7	520 (270)	1.755	1.750	3	—	—	1.732	1.732	2
442	1.708	1.708	32	442 (271)	1.710	1.712	7	1.698	40	1.693	1.695	7
				163	1.693	1.695	3					
080	1.670	1.670	11									
324	1.655	1.655	8	324	1.656	1.651	3	1.658	13	1.632	1.630	7
244	1.641	1.641	29	244 (512)	1.644	1.642	7	1.637	13			
								1.610	24			
443	1.551	1.551	13	443	1.556	1.550	4	1.547	9			
254	1.540	1.540	6	173 (461)*	1.539	1.535	6	—	—	1.539	1.538	4
404	1.529	1.528	7	(082)*	—	—	—	—	—	1.523	1.525	2
600	1.509	1.510	5	600	1.507	1.507	3					
601												
045	} 1.485	1.485	6	601	1.482	1.481	1					
082												
145	} 1.465	1.465	8	145 (551)	1.469	1.469	3					
453												
602	1.418	1.418	8									
183	1.412											
245	1.411	} 1.411	6									
382	1.378											
463	1.376	} 1.377	5									
641				641	1.351	1.352	2					
514	} 1.357	1.357	5									
480	1.344	1.344	5	480	1.338	1.339	3					
405	1.338	1.337	10	—	—	—	—	—	—	1.333	1.332	4
1.10	1.321	1.321	7	206 (405)*	1.317	1.317	2	—	—	1.318	1.318	2
206												
084	} 1.276	1.275	5									
046												

Таблица 2 (продолжение)

Роуит, Франклин (Aristardin и др., 1974)				Роуит, Солонго (из ассоциации с ботриолитом), по данным авторов				Mg-роуит, Солонго, из роуито- фрловитово- го про- жилка (Ямнова и др., 1975)		Федоровскит, Солонго (из моно- минерального прожилка, по дан- ным авторов)		
hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	hkl	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I	d _{измер.}	I	d _{измер.}	d _{вычисл.}	I
355 265	1.276	1.275	5	164	1.192	1.192	1	—	—	1.158	1.158	2
				671 (346)*	1.167	1.167	1	—	—	1.145	1.145	2
				227 (3.10.2)*	1.146	1.146	1	—	—	1.119	1.118	Зш.
				2112 (137)*	1.125	1.125	3	—	—	1.105	1.105	Зш.
				820 (394)*	1.112	1.112	3	—	—	1.045	1.045	Зш.
										1.034	1.034	Зш.

Примечание. Условия съемки образцов, изученных авторами: РКУ-114, Fe излучение. Индексы, указанные в скобках, дают лучшую сходимость экспериментальных и расчетных d . Индексы в скобках со звездочкой относятся только к федоровскиту. Параметры решеток федоровскита и роуита (из ассоциации с ботриолитом) рассчитывались с учетом всех межплоскостных расстояний.

минерального сырья Николае Михайловиче Федоровском (1886—1956) новому минеральному виду присвоено название федоровскит (fedorovskite).

Результаты рентгеновского исследования образцов роуита и федоровскита месторождения Солонго совместно с данными американских коллег показывают закономерное уменьшение всех трех параметров их кристаллической решетки (a_0 , b_0 , c_0) по мере уменьшения марганцовистости минералов. При этом в минералах от роуита к федоровскиту уменьшаются объем элементарной ячейки и удельная рентгеновская плотность при постоянном числе формульных единиц.

В соответствии с данными по расшифровке кристаллических структур двух образцов роуита, характеризующихся различными соотношениями Mn : Mg, следует полагать, что пространственная группа для всей серии минералов роуит—федоровскит является единой: $D_{2h}^9 = Pbam$.

В табл. 2 приводится сопоставление порошкограмм минералов ряда роуит—федоровскит по данным советских и американских исследователей. Сходство порошкограмм свидетельствует о том, что исследованные минералы, по-видимому, представляют серию изоструктурных соединений, в которых замещение Mn на Mg не вызывает значительных перестроек решетки, а лишь несколько изменяет размеры элементарной ячейки, что связано с различием ионных радиусов этих элементов. Изменение же размеров элементарной ячейки в свою очередь приводит к незначительным изменениям в межплоскостных расстояниях. К сожалению, не удалось изучить рентгеновскими методами образцы федоровскита, характеризующиеся наименьшей марганцовистостью (20 и 18%) в виду их повсеместного тончайшего прораствания ссайбелиитом.

Сопоставление физических свойств изученных образцов минералов ряда роуит—федоровскит показывает, что они изменяются в соответствии с вариациями катионного состава минералов: повышение содержания марганца вызывает увеличение их показателей преломления и удельного веса. Эти закономерности несколько усложняются присутствием в роуите и федоровските разных примесей, в частности железа и цинка в различных образцах.

Все изученные разновидности минералов описываемой группы оптически двусосны, отрицательны и характеризуются очень сильной диспер-

сией: $r < v$. Величина угла оптических осей всех рассмотренных минералов варьирует в зависимости от длины волны света. При этом наблюдается закономерное увеличение $2V$ минералов с уменьшением их марганцевистости (табл. 1; рис. 10). Так, в Na свете величина угла оптических осей изменяется от 28° у роуита из Франклина до 48° у федоровскита Солонго.

В кристаллах роуита и федоровскита из боратовых руд Солонго присутствуют полисинтетические двойники, видимые в шлифах в скрещенных николях. Изучение двойников на федоровском столике показало, что для них характерно совпадение осей Nm оптической индикатрисы двух соседних индивидов сростка. Две другие пары одноименных осей находятся в одной плоскости (рис. 11). Двойниковых осей две: через одну из них D_1 проходит плоскость двойникового шва, а нормаль ко шву совпа-

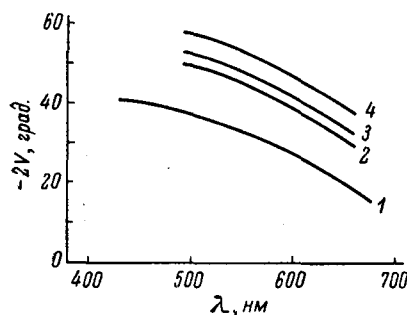


Рис. 10. Кривые дисперсии величин углов оптических осей роуита и федоровскита для различных длин волн света.

1 — роуит из Франклина; 2—4 — роуит и федоровскит из Солонго; 2 — роуит из ассоциации с ботриолитом, 3 — Mg-роуит из ассоциации с фроловитом, 4 — федоровскит из мономинерального прожилка.

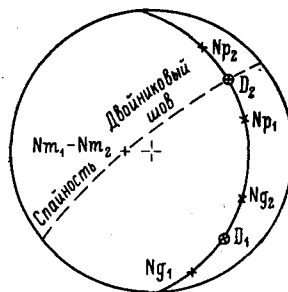


Рис. 11. Стереографическая проекция сдвойникового кристалла роуита.

дает с другой двойниковой осью — D_2 . Координаты осей оптической индикатрисы относительно двойниковых осей следующие (в град.): D_1Ng23 , D_2Ng67 , D_1Np67 , D_2Np23 , D_1Np90 и D_2Np90 . Тип двойникового роуита и федоровскита аналогичен курчатовитовому (Бороданов, Малинко, 1971). Судя по описаниям американских исследователей, двойникование в кристаллах роуита из Франклина отсутствует.

Кристаллы роуита и федоровскита обладают хорошей спайностью в направлении удлинения (100), совпадающей с плоскостью двойникового шва. Нормаль к плоскости спайности совпадает с положением двойниковой оси D_1 (рис. 11). Оптическая ориентировка кристаллов: $Ng=a$, $Np=c$. Для всех минералов ряда роуит—федоровскит характерна коричневая и буровато-коричневая окраска, интенсивность которой, по-видимому, зависит не только от содержания марганца, но и от примеси железа в них. Весьма характерным свойством этих минералов является плеохроизм в желтых и коричневых тонах.

Анализ результатов исследования химического состава, физических свойств и структурных особенностей пяти образцов роуита и федоровскита из боратовых руд месторождения Солонго совместно с данными американских исследователей по изучению первой находки роуита из Франклина подтверждает сделанный ранее вывод (Малинко и др., 1972) о вероятности существования в природе изоморфного ряда минералов роуит $Ca_2Mn^{2+}[B_4O_7(OH)_2](OH)_4$ —федоровскит $Ca_2Mg_2[B_4O_7(OH)_2](OH)_4$. По-видимому, все известные до сих пор образцы роуита и федоровскита из месторождений Солонго и Франклин являются промежуточными членами этого ряда, крайние представители которого пока в природе не обнаружены и неизвестны среди синтетических соединений. Наиболее близок к крайнему марганцевому члену этого ряда роуит из Франклина, а к крайнему магни-

вому — федоровскит из парагенезиса с сахайтом Солонго. Роуит из роуито-федоровскитового прожилка в рудах Солонго, ранее описанный как Mg-роуит, близок среднему составу минералов этого ряда, а роуит из парагенезиса с ботриолитом является существенно марганцевым.

Широкие вариации химического состава минералов ряда роуит—федоровскит в боратовых рудах Солонго отражают различия физико-химических условий минералообразования на разных этапах гидротермального процесса. Повышение марганцовистости в минералах этого ряда на данном месторождении соответствует понижению температур их образования и, по-видимому, возрастанию активности марганца в минералообразующих растворах.

Образцы роуита и федоровскита месторождения Солонго переданы на хранение в Минералогический музей АН СССР.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность И. Д. Барнеман-Старынкевич и Г. А. Сидоренко за консультации, а также М. Б. Федоренко за помощь в изучении оптических свойств минералов.

Литература

- Бороданов В. М., С. В. Малинко. (1971). О двойниках в курчатовите. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 100, вып. 3.
- Малинко С. В., Т. И. Столярова, Д. П. Шашкин. (1972). Первая находка магниевого роуита, его парагенезисы и продукты замещения. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 101, вып. 4.
- Ямнова Н. А., М. А. Симонов, Н. В. Белов. (1975). Кристаллохимическая структура роуита $\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Mg})_2 [\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2] \cdot (\text{OH})_4$. ДАН СССР, т. 224, № 6.
- Aristarain L. F., R. C. Erd, G. D. Eberlein. (1974). Roweite from Franklin, New Jersey. A restudy. Amer. Miner., v. 59, № 1—2.
- Berman H., F. A. Gonyer. (1937). Roweite, a new mineral from Franklin, New Jersey. Amer. Miner., v. 22, № 4.
- Moore P. B., T. Araki. (1974). Roweite, $\text{Ca}_2\text{Mn}_2^+ (\text{OH})_4 [\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2]$: Its atomic arrangement. Amer. Miner., v. 59, № 1—2.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт минерального сырья (ВИМС),
Москва.

Поступила в редакцию
6 мая 1975 г.

УДК 549

Д. чл. С. Т. БАДАЛОВ, А. Х. ТУРЕСЕБЕКОВ и Т. В. ЖИЛЯЕВА

АЙОВАИТ — ПЕРВАЯ НАХОДКА В СССР

Айоваит $4 \text{Mg} (\text{OH})_2 \cdot \text{Fe}^{3+} \text{OCl} \cdot x \text{H}_2\text{O}$ впервые установлен в шт. Айова, США (Kohls, Rodda, 1967), в докембрийском серпентините (на глубине 300—450 м) в ассоциации с доломитом, хризотилом, бруситом, кальцитом, магнезитом и пиритом. Кристаллическая структура этого минерала изучена Р. Алманом и Д. Доннеем (Allman, Donnay, 1969).

Айоваит обнаружен нами в 1969 г. в Алмалыкском районе УзССР в тесных сростаниях с валлериитом, ссайбелиитом, магнетитом, бруситом и серпентинитом, возникшими в результате интенсивного метаморфизма доломитов (Турсебеков, Бадалов, 1974), причем айоваит с тончайшей синхронной вкрапленностью валлериита образовался на завершающей стадии процессов изменения магнезиальных карбонатных пород. Зона с айоваитом встречена на глубине 535—566 м (скв. 482, Северо-Западный Балыкты).

Айоваит представлен массивными скоплениями в виде гнезд и линз, напоминающих тальк. Минерал нерастворим в воде, очень мягкий (твердость около 1.5), полупрозрачен, блеск жирный, цвет светло-зеленый,