

Е. А. АНКИНОВИЧ

## НОВЫЙ ВАНАДИЕВЫЙ МИНЕРАЛ — БОКИТ

При исследовании минерального состава коры выветривания ванадиевых углисто-кремнисто-глинистых сланцев среднего кембрия Казахстана были установлены ряд минералов, отнесенных автором настоящей статьи к слабо изученной группе «корвузитоподобных минералов».

В связи с тесным агрегатным прорастанием минералов, а также ограниченностью материала большая часть минералов этого ряда к настоящему

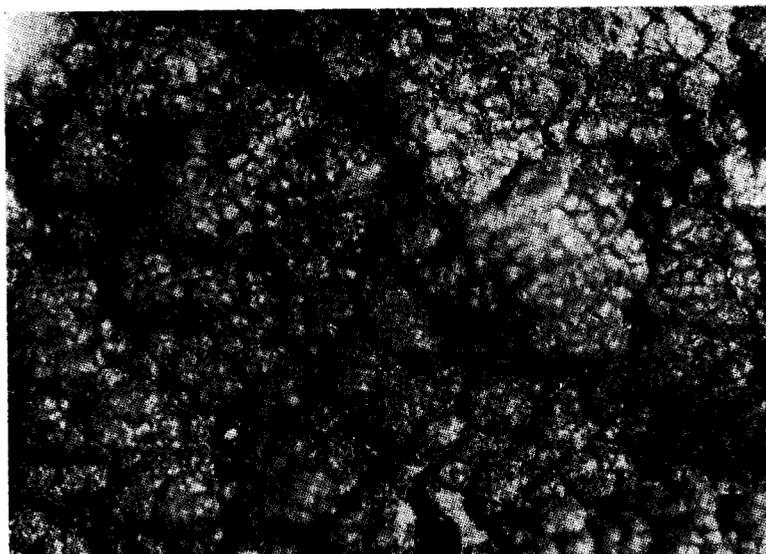


Рис. 1. Натечный почковидный агрегат бокита. (Увел. 16).

времени изучена недостаточно. Для большинства из них определены лишь оптические константы, получены дебаегранмы, проведены спектральные и выборочные химические анализы на тот или иной элемент. Полученные материалы с определенной долей вероятности позволяют утверждать, что большинство минералов отвечает физическим и химическим свойствам типовых корвузитов, представляя собой ванадиловые ванадаты с отношением  $V_2O_4 : V_2O_5$  от 1 : 3 до 1 : 6. Наряду с этим установлено, что некоторые минералы, находящиеся в тесном сростании с корвузитами, резко отличаются от последних по химическим свойствам.

Дополнительные сборы минералогического материала в 1959 г. позволили провести более детальные исследования одного из неизвестных минералов. Он оказался новым ванадиевым минералом, названным б о к и т о м по фамилии старейшего геолога Казахстана — академика АН Каз ССР Ивана Ивановича Бока.

Минерал установлен среди скальных выходов углисто-кремнистых, углисто-кремнисто-глинистых ванадиеносных сланцев, слабо затронутых

процессами выветривания (участки Джебаглы, Ран, Курумсаг, юго-восточная часть участка Баласаускандык).

Минерал наблюдается в виде прожилков по трещинам, почковидных корок на плоскостях отдельности пород, а также заполняет пустоты выщелачивания (рис. 1). В рыхлых дезинтегрированных ванадиеносных сланцах изредка обнаруживаются округлые стяжения его до 3—4 мм в диаметре. Мощность прожилков и корок не превышает 3 мм.

Под биноклем отдельные почковидные образования, а также корки и стяжения имеют внутреннее радиальнолучистое строение (рис. 2). В пу-

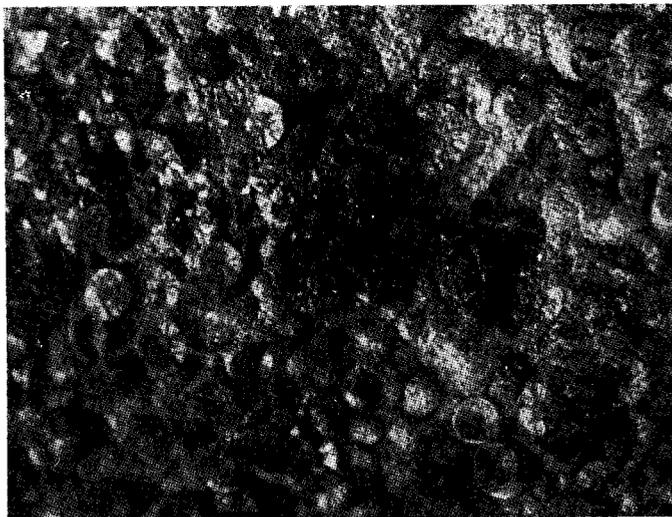


Рис. 2. Корочки бокита. В сколах отдельных почковидных образований видно их радиальнолучистое строение. (Увел. 24).

стотах же и прожилках образует спутанночешуйчатые, параллельношестоватые, веерообразные агрегаты.

Зерна имеют вытянутую пластинчатую, иногда шестоватую или клиновидную форму с отношением длины к ширине от 5 : 1 до 10 : 1. Размеры зерен — до 0.1—0.3 мм в длину.

Под микроскопом в минерале устанавливается совершенная спайность, совпадающая с удлинением кристаллов, параллельная плоскости более развитого пинакоида и средняя, перпендикулярная плоскости совершенной спайности. Исследование минерала под электронным микроскопом в лаборатории Института геологических наук (ИГН) АН КазССР (Е. И. Соболева, З. Г. Зломанова) подтверждает также наличие спайности по двум плоскостям, что отчетливо видно по характеру выколов в препарате (рис. 3).

По внешнему виду в агрегате минерал сходен с пиролюзитом. Окраска бокита черная, цвет черты черный, иногда с буроватым оттенком, блеск полуметаллический, в отдельных образованиях матовый. Определение твердости минерала проведено старшим научным сотрудником ИГН АН КазССР Н. М. Митряевой с помощью прибора ПМТ-2. По данным измерений, минерал обладает отчетливо выраженными векториальными свойствами твердости с пределами колебаний от 60.5 до 65.8 кг/мм по удлинению пластинок и 85.6 до 96.0 кг/мм в плоскости, перпендикулярной к первой, что соответствует 2.7—3.2 классу твердости, по М. М. Хрущеву. Удельный вес, определенный гидростатическим взвешиванием в спирте нескольких образцов, колеблется в пределах 2.97—3.10.

Под микроскопом в проходящем свете просвечивает только в тонких осколках (размеры осколков 0.003—0.004 мм), обнаруживая сильный пле-

охроизм от грязно-оливкового до густого красно-бурого цвета по схеме  $Np > Ng$ . Погасание минерала по отношению к вытянутости зерен и следам спайности прямое, удлинение отрицательное. Показатели преломления по  $Ng'$ ,  $Np'$  в выколках по совершенной спайности находятся в пределах  $2.06 \pm 0.005 - 2.01 \pm 0.005$ . В отраженном свете минерал серый, отчетливо двуотражает от серого цвета ( $Rp' \sim 10-12\%$ ) до светло-серого с голубым оттенком ( $Rg' - 13-15\%$ ). В скрещенных николях обнаруживает сильную анизотропию с ярким цветным эффектом от буровато-желтого ( $Rp'$ ) до серо-голубого ( $Rg'$ ).

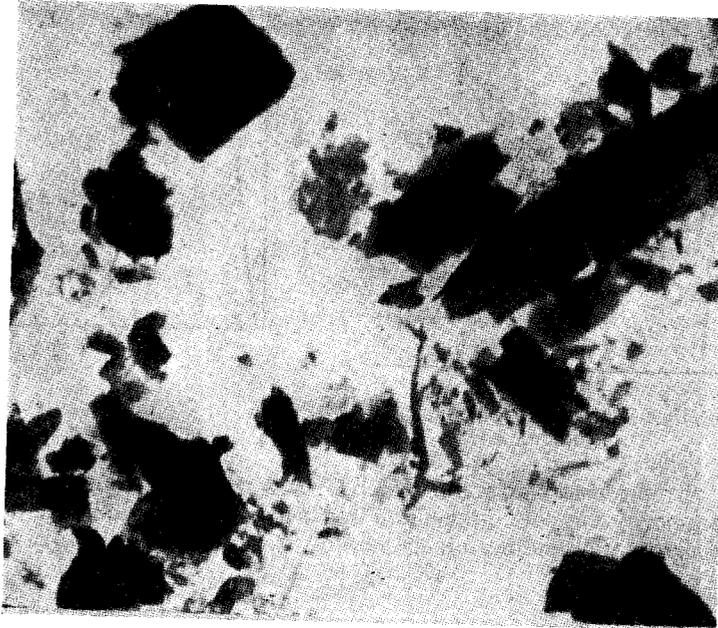


Рис. 3. Электронная микрофотография бокита. (Увел. 15000).

В масляной иммерсии отражательная способность понижается, цветной эффект анизотропии становится слабее. В тонких выколках устанавливаются красно-бурые до желто-бурых цвета внутренней рефлексии.

Из числа стандартных реактивов на полированную поверхность минерала действуют: раствор КОН (40%) — минерал быстро темнеет, а также насыщенный раствор  $HgCl_2$  — образует иризирующую пленку. Капля раствора КОН окрашивается в желто-бурый цвет.

В концентрированных кислотах на холоду порошок минерала растворяется весьма слабо с образованием светло-зеленого раствора, в 40%-м растворе КОН и NaOH растворяется медленно, но полностью. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду, имеющую кислую реакцию (рН порядка 4.5—5). При 950° расплавляется.

Термические исследования минерала, методом кривых нагревания, а также методом обезвоживания, проведены в лаборатории ст. инженера А. Д. Дара.

Кривая нагревания имеет один экзотермический и четыре эндотермических эффекта (рис. 4). Первому эндотермическому эффекту в интервале 80—160 соответствует резкое изменение веса, связанное, как показали специальные исследования, с потерей гигроскопической (6.60%) и кристаллизационной или цеолитной (2.40%) воды минерала. Остальные три эндотермических эффекта с максимумами при 440, 650 и 720°, также обязаны выделению воды, но уже в меньшем количестве, соответственно 1.5, 1 и 0.5%

от общего веса минерала, что отчетливо видно по кривой обезвоживания бокита (рис. 5).

Экзотермический эффект в интервале температур 440—500° обязан фазовому превращению минерала, что подтверждается исследованием под микроскопом, а также иным характером дебаеграммы веществ, образовавшихся при указанной температуре.

В табл. 1 приводятся результаты исследования образца М-185 методом обезвоживания на торсионных весах. Отметки температур проводились визуально по пирометрическому милливольтметру. Продолжительность нагрева 25—30 мин.

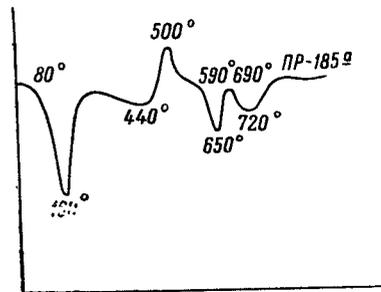


Рис. 4. Кривая нагрева бокита.

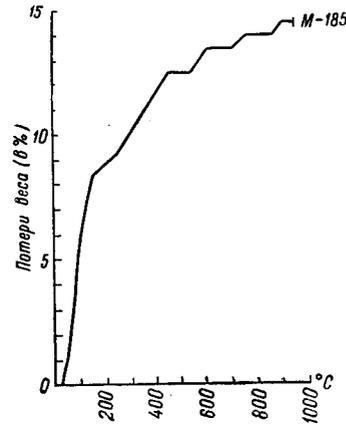


Рис. 5. Кривая обезвоживания бокита.

Общая потеря веса составляет 14.5%. Эта цифра потерь точно соответствует количеству гигроскопической воды и воды, входящей в кристаллическую решетку минерала, определенной химическими анализами.

Таблица 1

Потеря веса бокита при нагревании

Температура (в °C)	Потеря веса (в вес. %)	Температура (в °C)	Потеря веса (в вес. %)	Температура (в °C)	Потеря веса (в вес. %)
20	—	350	0.7	700	—
50	2.0	400	1.0	750	0.5
100	4.5	450	0.5	800	—
150	2.0	500	—	850	—
200	0.5	550	—	900	0.5
250	0.3	600	1.0	950	Минерал расплавился
300	1.0	650	—		

В рентгеноструктурной лаборатории Института геологических наук получены дебаеграммы двух образцов минерала (П. Т. Тажибаева, Г. И. Лукьянцев): образца М-185, представляющего собой плотную разновидность минерала черного цвета с полуметаллическим блеском, и образца 2, являющегося разностью землистого сложения, черного цвета с буровато-черным цветом черты.

Результаты измерения и расчета дебаеграмм, проведенные В. Ю. Тойбаевой, даются в табл. 2. Здесь же приводится дебаеграмма корвузита из участка Баласаускандык. Как видно из приведенных данных табл. 2, наиболее интенсивные линии дебаеграммы бокита (в кХ): 10.20 (10), 3.44 (9), 2.61 (8), 2.76 (5) не совпадают с таковыми корвузита, для которого характерны линии: 1.793 (10), 2.27 (7), 3.10 (5).

Таблица 2

Межплоскостные расстояния и интенсивность отражения корвузита и бокита из сев.-зап. Каратау

№ п. п.	Корвузит, обр. М-185а, Баласаускандык			Бокит, обр. М-185, Баласаускандык			Бокит, обр. 2, Баласаускандык			Бокит, обр. М-185, прокаленный до 500°	
	I	$\frac{d\alpha}{n}$	$\frac{d\beta}{n}$	I	$\frac{d\alpha}{n}$	$\frac{d\beta}{n}$	I	$\frac{d\alpha}{n}$	$\frac{d\beta}{n}$	I	$\frac{d\alpha}{n}$
1	—	—	—	—	—	—	10	10.20	(9.98)	—	—
2	—	—	—	1	6.65	6.034	—	—	—	—	—
3	—	—	—	2	5.87	5.32	1	5.80	5.30	—	—
4	—	—	—	3	4.60	4.17	—	—	—	—	—
5	—	—	—	4	(3.82)	3.46	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	3.58
7	3	(3.46)	3.12	8	3.49	(3.17)	9	3.44	(3.13)	—	—
8	5	3.10	(2.80)	4	(3.20)	2.90	2	(3.22)	2.93	8	3.25
9	—	—	—	—	—	—	1	(3.06)	2.78	—	—
10	1	2.87	2.59	6	2.91	(2.65)	3	2.92	(2.66)	—	—
11	2	2.81	2.54	5	2.77	(2.52)	4	2.76	(2.52)	—	—
12	1	2.70	2.44	—	—	—	—	—	—	—	—
13	2	2.65	2.40	2	2.67	2.43	—	—	—	—	—
14	—	—	—	7	2.61	(2.38)	8	2.61	(2.37)	—	—
15	1	(2.52)	2.28	—	—	—	1	2.48	2.26	—	—
16	7	2.27	(2.05)	2	2.33	2.128	—	—	—	6	2.32
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2.17
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	3	2.11	(1.929)	7	2.08	(1.89)	1	2.07
20	3	(1.986)	1.791	4	1.974	1.810	6	1.976	1.799	1	2.04
21	—	—	—	—	—	—	1	1.938	1.764	—	—
22	—	—	—	3	1.818	(1.669)	5	1.826	(1.662)	1	1.82
23	10	1.793	(1.620)	2	1.782	1.651	2	1.799	1.638	—	—
24	—	—	—	1	1.710	1.587	—	—	—	—	—
25	1	(1.672)	1.511	2	(1.658)	1.540	—	—	—	—	—
26	2	1.556	(1.406)	—	—	—	—	—	—	—	—
27	2	1.524	1.377	5	1.523	(1.390)	2	1.529	(1.392)	—	—
28	1	1.467	1.326	2	1.458	1.359	1	1.467	1.335	—	—
29	3	1.404	1.269	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	2	(1.336)	1.248	1	(1.334)	1.214	—	—
31	1	1.271	1.149	1	1.242	(1.163)	—	—	—	—	—
32	2	1.162	1.050	1	1.137	1.067	—	—	—	—	—
33	—	—	—	1	(1.047)	0.986	—	—	—	—	—
34	—	—	—	2	1.019	0.960	—	—	—	—	—
35	—	—	—	1	0.9924	(0.936)	—	—	—	—	—

Примечание. Условия съемки: 1) корвузит обр. М-185а: Си-излучение,  $D = 57.53$  мм,  $d = 0.7$  мм, 4 часа, 10 мА, 30 кВ; 2) бокит обр. М-185: Си-излучение,  $D = 57.53$  мм,  $d = 0.7$  мм, 4 часа, 8 мА, 30 кВ; 3) бокит обр. 2: Сг-излучение,  $D = 57.53$  мм,  $d = 0.7$  мм, 6 часов, 6 мА, 25 кВ. Для всех образцов в величину угла скольжения  $\theta$  вводилась поправка на толщину образца, рас-

считанная по формуле  $\mu_{\Delta}^{\theta} = - \frac{d_{\text{обр.}} \cdot \cos \theta_{\text{изм.}}}{2}$ .

Химический анализ бокита проведен по двум пробам образцов М-185 и М-185а. Тонко раздробленный материал проб был разделен по удельному весу в тяжелых жидкостях, с последующим отбором вручную тяжелой фракции. Вес каждой пробы брался не менее 500 мг. Анализ проводился в микрохимической лаборатории Института геологических наук АН КазССР (аналитик Т. Л. Вилешина, научный руководитель кандидат химических наук И. И. Гехт) по двум навескам — основной и контрольной.

При исследовании количественного содержания низкотемпературной воды минерал нагревался до  $105^{\circ}$  в сушильном шкафу до постоянного веса. Полученные таким образом количества ее точно совпадают с таковыми, полученными при изучении минерала методом обезвоживания (6.60 и 6.50%).

Таблица 3

## Химический состав бокита и минералов из группы корвузитов

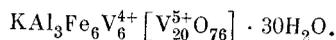
Компоненты	Корвузитоподобный минерал, голубовато-черный, Монумент, Аризона <sup>1</sup>	Корвузит, пурпурно-черный, Понто Сан-Мигуэл, Колорадо <sup>2</sup>	Корвузит коричнево-красный, обр. 185-га, Баласаускандык, сев.-зап. Каратау <sup>3</sup>	Бокит, черный, плотный, обр. М-484, Баласаускандык, сев.-зап. Каратау <sup>4</sup>	Бокит черный, землистый, обр. М-185, Баласаускандык, сев.-зап. Каратау <sup>5</sup>		
					данные анализа (в %)	в чистом веществе на 100%	молекулярные количества
CaO . . . . .	2.5	1.85	2.82	Сл.	Сл.	—	—
MgO . . . . .	Не опр.	Не опр.	Сл.	Сл.	Сл.	—	—
BaO . . . . .	Не опр.	Не опр.	Сл.	Сл.	Сл.	—	—
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1.20	Не опр.	Сл.	Не опр.	Сл.	—	—
K <sub>2</sub> O . . . . .		Не опр.	0.19	Не опр.	1.50	1.34	0.0142
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.30	Не опр.	1.68	3.90	4.40	4.48	0.0439
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .		1.69	0.42	15.30	15.40	14.78	0.0925
V <sub>2</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	13.30	10.26	11.55	14.10	14.00	14.27	0.0860
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	68.10	69.00	73.56	50.30	49.70	50.65	0.2784
UO <sub>3</sub> . . . . .	Не опр.	1.16	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—	—
MoO <sub>3</sub> . . . . .	Не опр.	0.16	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—	—
SO <sub>3</sub> . . . . .	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	11.40	—	6.57	7.70	7.80	7.75	0.4306
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	—	13.52	3.00	6.60	6.60	6.73	—
SiO <sub>2</sub> . . . . .	—	0.63	0.21	Сл.	Сл.	—	—
Нераств. ост.	0.70	0.16	—	—	—	—	—
Сумма . . . . .	99.50	98.43	100.00	98.20	100.00	100.00	

Данные анализа даются в табл. 3. Здесь же приводится химической состав корвузита и корвузитоподобного минерала из Плато Колорадо, Аризона и сев.-зап. Каратау.

Спектральным анализом в боките дополнительно установлены следующие элементы: молибден 0.1—0.3%, хром 0.1—0.3%, медь 0.01—0.03%, свинец 0.002—0.01%, титан, марганец 0.001%, цирконий 0.003%.

Как видно по данным химических анализов, приведенных в табл. 3, состав бокита резко отличается от такового карвузитов наличием в его составе трехвалентного железа, алюминия, а также иным количественным содержанием четырех- и пентавалентного ванадия.

Кристаллохимическая формула бокита, рассчитанная И. Д. Борнеман-Старышкевич по данным химического анализа обр. М-185, после исключения H<sub>2</sub>O<sup>105°</sup> (6.60%) имеет вид:



Минерал образуется в зоне выветривания ванадиеносных сланцев при интенсивном окислении органического вещества и пирита. Парамонтозит (VO<sub>2</sub>), даттонит VO(OH)<sub>2</sub> и патронит (VS<sub>4</sub>?) неустойчивые в кислой среде, при достаточно высоких значениях окислительного потенциала растворяются, с обогащением вод зоны выветривания ванадилем и высокоокисленным ванадием, полимеризующимся в этих условиях в крупные комплексные анионы состава V<sub>6</sub>O<sub>16</sub><sup>2-</sup>, V<sub>10</sub>O<sub>28</sub><sup>-6</sup>.

<sup>1</sup> Анализ Мейровиц. Анализ произведен после подсушки пробы и исключения 6.89% низкотемпературной воды (Ross, 1959).

<sup>2</sup> Анализ Гендерсона (Henderson, Hess, 1933).

<sup>3</sup> Аналитик Т. Л. Вилешина. Анализ пересчитан на 100% после исключения 2.81% кальцита, 0.68% гипса и 1.50% нерастворимого остатка.

<sup>4</sup> Аналитик Т. Л. Вилешина.

<sup>5</sup> Аналитик Т. Л. Вилешина. В чистом веществе пересчитано на 100% после исключения 1.89% ярозита.

Глубокая переработка сланцев горизонта сернокислыми водами, несущими также в обилии железо (окисление пирита), приводит к образованию ряда сульфатов, в первую очередь — ярозита, алуниита, алюминита, барита, гипса.

Выпадение последних, с выходом из системы иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , создает перепад в кислотности растворов, результатом чего является образование тесно переплетающегося агрегата сложных по составу ванадиевых соединений, где значительную роль играет ванадил. На ранних стадиях, еще при высоких концентрациях железа, из растворов выпадает бокит, позднее корвузиты, где роль катиона играет уже, в основном,  $\text{V}^{4+}$ .

Дальнейшее повышение значений редокс-потенциала приводит в неустойчивое состояние как бокит, так и минералы корвузитового ряда. «Корвузиты», как правило, замещаются хьюэттитом, тогда как по бокиту начинает развиваться ферванит и неизученный нами тонковолокнистый ванадат коричневого и золотисто-коричневого цвета, в состав которого, по данным спектрального анализа, входит железо и ванадий. В последующие этапы формирования зоны выветривания агрегат ферриванадата замещается стекловидным вишнево-красным алюмованадатом, с образованием полных псевдоморфоз.

Указанная последовательность минералообразования отчетливо фиксируется по парагенетическим ассоциациям ряда образцов:

обр. М-185: ярозит → гетит → бокит → корвузит с отношением  $\text{V}_2\text{O}_4 : \text{V}_2\text{O}_5 = 1 : 3$ ;

обр. М-185а: гиббсит + аллофан → ярозит → бокит → корвузит → хьюэттит;

обр. М-184: барит → бокит → коричневый тонковолокнистый ферриванадат → стекловидный вишнево-красный алюмованадат с показателем преломления 1.735;

обр. М-85: бокит → русаковит → вишнево-красный фосфованадат алюминия с показателем преломления 1.606 ( $\text{V}_2\text{O}_5$  14.5%), гуцевичит → штейгерит.

Судя по парагенетической ассоциации, выделение бокита из растворов происходило при величине рН порядка 4.5—5 и значении редокс-потенциала 2.5—3.5.

Подытоживая вышеизложенный материал, необходимо отметить, что в рассмотренном нами минерале катионная группа, по-видимому, представлена ванадилем, изоморфно замещаемым трехвалентным железом и алюминием. С этой точки зрения вновь установленный минерал может в настоящее время условно рассматриваться как ванадиловый ванадат ряда корвузита.

Ранние химические исследования минералов, предварительно отнесенных Гендерсоном и Гессом (Henderson, Hess, 1933) к ряду корвузита, указывают, что для проб отдельных минералов устанавливались значительные содержания трехвалентного железа. В частности, в пробе «коричневого материала» из участка Джек горы Ла-Саль (Юта) химическим анализом определено 12.2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , в пробе пурпурного материала из того же участка 5.85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Однако указанные содержания рассматриваемого элемента интерпретировались Гессом и Гендерсоном как примесь гидроокислов железа, расчет же формулы проводился за вычетом последнего.

В настоящее время ряд минералов, относимых к корвузитам, еще недостаточно изучен, однако исследованиями Эванса (Evans, 1959), Уикса, Колемана, Томпсона (Weeks, Coleman, Thompson, 1959), а также Гаррелса и Поммера (Garrels, Pommer, 1959) выделена более или менее определенная группа ванадиловых ванадатов — корвузитов с отношением  $\text{V}_2\text{O}_4$  к  $\text{V}_2\text{O}_5$  от 1 : 3 до 1 : 6. Как отмечает Эванс, в качестве постоянно присутствующих элементов в этом ряду минералов устанавливаются лишь очень небольшие количества щелочных (калий, натрий) и щелочноземельных элементов, которые «могут играть существенную стехиометрическую роль для баланса

соответствующих количеств восстановленного ванадия в структурах, подобных  $V_2O_5$ » (Evans, 1959, стр. 100). Все минералы этого ряда, по данным Эванса, а также Росса (Ross, 1959), имеют весьма близкие параметры кристаллической решетки:  $a=11.6 \pm 0.1 \text{ \AA} - 11.69 \pm 0.03 \text{ \AA}$ ,  $b=3.65 \pm 0.1 \text{ \AA} - 3.674 \pm 0.004 \text{ \AA}$ ,  $\gamma 90^\circ$ ,  $hkl : h+k=2n$ .

По данным тех же исследователей, установлено, что совместно с минералами ряда корвюзита в тесных переплетениях наблюдаются сложные ванадаты, содержащие железо, которые, отличаясь составом, довольно близки по структуре к корвюзитам. Однако, как это подчеркивается в заключении к сборнику статей, посвященных геохимии и минералогии урановых руд Плато Колорадо (Geol. Surv. Profess. Paper, 320, 1959), этот ряд ванадиево-железистых соединений почти совершенно не изучен. По-видимому, к этим соединениям можно отнести и отдельные минералы участка Джек, округа Гранд (Юта), химически исследованные Гессом и Гендерсоном в 1933 г.

При сравнении состава бокита с данными анализа пробы «коричневого материала» указанного участка бросается в глаза близость содержания в них основных компонентов. Отличие пробы «коричневого материала» в основном заключается в большем значении высокоокисленного ванадия и в значительной загрязненности материала посторонними примесями. В табл. 4 приводим сравнение химического состава бокита с таковым «коричневого минерала» из участка Джек.

Таблица 4

Сравнение составов бокита и «коричневого корвюзитоподобного минерала»

Компоненты	Обр. М-185, Бокит черный, Валасаускандык, Каратау,		«Коричневый материал», участок Джек, округ Гранд, штат Юта *	
	весовые %	основные компоненты в пересчете на 100%	весовые %	основные компоненты в пересчете на 100%
$Na_2O$ . . . . .	—	—	1.24	1.29
$K_2O$ . . . . .	1.50	1.32	2.15	2.25
$CaO$ . . . . .	Сл.	—	0.40	0.42
$MgO$ . . . . .	Сл.	—	2.07	2.17
$Al_2O_3$ . . . . .	4.40	4.48	—	—
$Fe_2O_3$ . . . . .	15.40	14.78	12.20	12.79
$V_2O_4$ . . . . .	14.00	14.27	7.62	7.99
$V_2O_5$ . . . . .	49.70	50.65	50.68	53.13
		66.29 **		61.89 **
$UO_3$ . . . . .	—	—	2.94	3.08
$MoO_3$ . . . . .	—	—	0.28	0.29
$SO_3$ . . . . .	0.60	—	—	—
$H_2O^+$ . . . . .	14.40	14.48	15.83	16.59
Раствор, $SiO_2$ . . . .	—	—	4.21	—
Сумма . . . . .	100.00	100.00	99.62	100.00

Вполне возможно, что бокит, а также «коричневый материал», отнесенный Гессом и Гендерсоном к загрязненному гидроокислами железа корвюзиту с рассчитанной им формулой  $V_2O_4 \cdot 6V_2O_5 \cdot H_2O$ , представляет собой разности широко мутабильного ряда водных ванадиевых ванадатов, содержащих железо. Как показывают исследования последних лет, для ванадиевых минералов, особенно для тех, в состав которых входит ванадий

\* Анализ пересчитан Гендерсоном и Гессом после вычитания 21.52% нерастворимого остатка (Д. Дэна, Э. Дэна и др., 1951).

\*\* Сумма всего ванадия, входящего в состав минерала, в пересчете на  $V_2O_5$ .

низких валентностей, такие ряды весьма характерны, примером чему является ряд корвузита.

Образцы нового минерала бокита находятся в Минералогическом музее Ленинградского горного института и в Геологическом музее Академии наук КазССР.

#### Литература

- Дэна Дж., Э. Дэна, Ч. Пэлач, Г. Берман, К. Фрондель. (1951). Система минералогии. т. I, полут. II; т. II, полут. II. Изд. иностр. лит., М.
- Еванс Н. Т. (1959). The crystal chemistry and mineralogy of vanadium. Geol. Surv., Profess. Paper, 320.
- Гаррелс Р. М. and А. М. Поммер. (1959). Some quantitative aspects of the oxidation and reduction of ores. Geol. Surv. Profess. Paper, 320.
- Хендерсон Е. Р., and F. L. Хесс. (1933). Corvusite and rilandite a new minerals from Utah-Colorado carnotite region. Amer. Miner., v. 18.
- Марвин Р. and G. B. Магин. (1959). Synthesis of calcium vanadate minerals and related compounds. Geol. Surv. Profess. Paper, 320.
- Росс М. (1959). Mineralogical applications of electron diffraction. II. Studies of some vanadium minerals of the Colorado Plateau. Amer. Miner., v. 44, № 3—4.
- Уикс А. Д., R. G. Колеман and M. E. Томпсон. (1959). Summary of the ore mineralogy. Geol. Surv. Profess. Paper. 320.

Институт геологических наук  
Академии наук КазССР.