

УДК 549.752.14

Б. А. ГОЛДИН, Н. П. ЮШКИН и М. В. ФИШМАН

НОВЫЙ ИТТРИЕВЫЙ МИНЕРАЛ — ЧЕРНОВИТ<sup>1</sup>

При изучении геологической коллекции, собранной Б. А. Голдиным во время экспедиционных исследований на Приполярном Урале летом 1966 г., был обнаружен неизвестный иттриевый минерал, который оказался идентичным искусственному  $Y[AsO_4]$  (Strada, Schwendimann, 1934; Machatschki, 1935). Очень ограниченное количество минерала (около 30 мг) не дало возможности провести его детальное исследование. Однако несовпадение свойств этого минерала ни с одним из известных минеральных видов и полная идентичность искусственному арсенату иттрия позволяют считать обнаруженный минерал новым и предложить ему название **черновит** (Chernovite). Название дано в память о широко известном исследователе геологии и полезных ископаемых Севера — Герое Социалистического труда проф. А. А. Чернове.

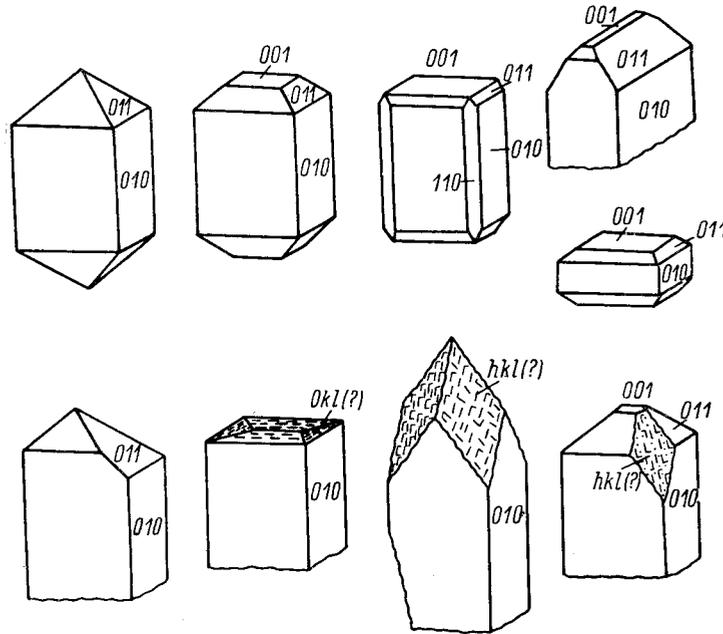
Черновит обнаружен в субвулканическом теле липаритовых порфиров рифейского эффузивно-интрузивного дацит-липаритового комплекса, находящемся в истоках р. Нярга-сю-ю (левый приток р. Щугора) восточнее г. Тельнос-из. Тело липаритовых порфиров залегает в хлорито-эпидотороговообманковых сланцах (метадиабаз) и имеет штокообразную форму. Контактные изменения вмещающих пород выражаются в их тремолитизации, хлоритизации, эпидотизации, альбитизации и окварцевании. В височем боку тела наблюдается серия крутопадающих, сложно построенных зон дробления и повышенной трещиноватости. В этих зонах широко развиты тонкие прожилки, линзочки и гнезда либо преимущественно кварцевого, либо преимущественно пьомонтитового состава. В обоих типах прожилков присутствуют альбит, кальцит, гранат, гастингсит, пирролизит, гематит и молибденистый шеелит (сейригит). В приконтактных зонах прожилков липаритовые порфиры интенсивно окварцованы, реже отмечается их альбитизация.

Черновит в обязательной ассоциации с сейригитом встречается обычно в пьомонтитовых прожилках в виде идиоморфных кристаллов в радиально-лучистом пьомонтите. Реже он образует скопления в 4—6 кристалликов в кварц-альбитовых зонах, развивающихся вблизи пьомонтитовых прожилков. Кроме того, отмечено несколько измененных минерализованных зон липаритовых порфиров мощностью до 0.75 м с относительно равномерной вкрапленностью черновита и сейригита, также в ассоциации с пьомонтитом.

Черновит образует довольно правильные кристаллики изометричного или несколько удлинённого, очень редко таблитчатого облика и тетрагонально-призматического габитуса (см. рисунок), очень сходные с кристаллами ксенотима. Размер кристаллов не превышает 0.65 мм, чаще всего встречаются кристаллы длиной около 0.25 мм. Обычно кристаллы образуются гранями тетрагональной призмы {010}, тетрагональной дигирамиды {011} и пинакоида {001}. Угол между нормальными к граням {001} и {011}

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам Всесоюзного минералогического общества 30 мая 1967 г.

по замеру под микроскопом с точностью до 0.5 около  $42^\circ$ . На отдельных, очень редких кристаллах пинакоидальные грани не развиваются, а кристаллы увенчаны острыми пирамидальными головками. На нескольких кристаллах зафиксированы узенькие грани тетрагональной призмы  $\{110\}$ , очень неровные, но дающие самостоятельные отблески. Возможно, что они являются прерозизионными гранями растворения. На одном кристалле была замечена как бы блокировка грани  $\{001\}$  на четыре части, сопридельные с гранями призмы  $\{010\}$ , но не удалось установить, являются ли эти поверхности случайными, либо они представляют собой очень пологие грани  $\{0kl\}$ . То же самое можно сказать и об очень неровных поверхностях  $\{hkl\}$ , которые, возможно, имеют индукционную природу.



Типы кристаллов черновита.

Таким образом, даже эти скромные кристаллографические данные позволяют отнести черновит к тетрагонально-панаксиальному (дигетрагонально-бипирамидальному) виду симметрии тетрагональной сингонии ( $D^4h-4/mmm$ ).

Грани кристаллов черновита зеркально гладкие, блестящие, но в некоторых случаях сильно корродированные.

Черновит хрупкий. Спайность совершенная по  $\{010\}$ . Иногда встречаются ровные плоские сколы по  $\{001\}$ , редко — по  $\{110\}$ . Твердость, измеренная на спайных плоскостях  $\{010\}$  в направлении  $[010]$  микротвердометром ПМТ-3 с нагрузкой на индентор в 50 Г, колеблется от 225 до 429 кг/мм<sup>2</sup>, составляя в среднем 313 кг/мм<sup>2</sup>. Это соответствует баллу 4.2—4.7 (средний 4.5) твердости по шкале Мооса.

Внутренние зоны кристаллов черновита бесцветные, а внешние, как правило, окрашены в светло-желтый цвет. Иногда распределение желтой окраски не зональное, а скорее блоковое: верхняя и нижняя части кристалла желтые, а по середине его проходит бесцветная горизонтальная полоса с резкими, почти прямолинейными границами. Черновит прозрачный, реже полупрозрачный. Блеск на гранях и в изломе стеклянный. Черта бесцветная.

При разделении полиминеральной пробы черновит полностью концентрируется в электромагнитной фракции.

Удельный вес определить из-за малого количества материала не удалось. Зерна черновита тонут в тяжелой жидкости Клеричи с удельным весом 4.2. Удельный вес синтетического  $Y[AsO_4]$ , по данным М. Страды и Г. Швендиманна (1934), 4.561 (определен пикнометрически в толуоле при 20° С).

В проходящем свете черновит бесцветный, одноосный, положительный. Показатели преломления, измеренные Р. Г. Тимошиной в проверенных на рефрактометре иммерсионных жидкостях, в желтом свете с  $\lambda=589$ :  $N_e=1.879 (\pm 0.002)$ ,  $N_o=1.783 (\pm 0.001)$ ,  $N_e - N_o=0.096$  (по разности). Плеохроизм от бесцветного по  $N_e$  до бледно-розовато-желтого по  $N_o$ .

Сравнение дебаеграмм черновита, полученных из чистых, оптически проверенных кристаллов и синтетического  $Y[AsO_4]$ , показывает очень хорошую сходимость их по всем наиболее интенсивным линиям. В то же время дебаеграммы черновита и ксенотима существенно отличаются друг от друга (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение дебаеграмм черновита, синтетического  $Y[AsO_4]$  и ксенотима

Черновит			Искусственный $Y[AsO_4]$ по картотеке ASTM № 13-429			Ксенотим из Норвегии (Михеев, 1957)		
<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$ кХ	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$ кХ	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\beta}}{n}$ кХ
	5	3.879	—	—	—	111	7	3.705
	1	3.637	—	—	—	—	—	—
200	10	3.519	200	100	3.52	200	8	3.343
	1	3.345	—	—	—	—	—	—
	4	2.921	—	—	—	—	—	—
	1	2.729	—	—	—	—	—	—
112	10	2.644	112	75	2.66	112	7	2.510
220	7	2.479	220	18	2.49	220	2	2.380
202	2	2.337	202	6	2.34	202	4	2.252
301	3	2.198	301	6	2.19	310	7	2.113
103	8	1.997	103	4	2.01	—	—	—
	1	1.935	—	—	—	—	—	—
321	3	1.863	321	4	1.866	302	6	1.800
312	10	1.811	312	65	1.817	312	10	1.749
400	6	1.756	400	16	1.760	400	8	1.703
	1	1.731	—	—	—	—	—	—
	2	1.612	—	—	—	—	—	—
420	8	1.571	420	14	1.574	420	6	1.552
332	9	1.464	332	16	1.468	382	9	1.422
204	6	1.431	204	12	1.435	—	—	—
	2	1.391	—	—	—	—	—	—
501	2	1.368	501	1	1.373	431, 501	7	1.334
224	7	1.326	224	14	1.329	224	7	1.286
	2	1.290	—	—	—	—	—	—
512	10	1.261	512	14	1.264	—	—	—
440	4	1.243	440	4	1.244	314	8	1.233
	3	1.224	—	—	—	423	5	1.213
404, 600	10	1.177	404, 600	12	1.173	—	—	—
532	10	1.125	532	16	1.127	—	—	—
424, 620	10	1.109	424, 620	16	1.112	—	—	—
	2	1.074	—	—	—	—	—	—
	5	1.044	—	—	—	—	—	—
	2	1.034	—	—	—	—	—	—
116	9	1.023	116	6	1.025	—	—	—
	2	1.012	—	—	—	—	—	—
	4	1.000	—	—	—	—	—	—

Примечание. Условия съемки: Fe-антикатод; 35 кв; 15 ма;  $D=57.3$  мм;  $d=0.5$  мм; экспозиция 4.75 часа. В межплоскостные расстояния введены поправки по особому снимку с NaCl. Лаборатория минералогии Института геологии Коми филиала АН СССР. Аналитик И. В. Швецова.

Таблица 2

Сравнение структурных характеристик черновита, искусственного  $Y[AsO_4]$  и ксенотима

Структурные характеристики	Черновит	Искусственный $Y[AsO_4]$		Ксенотим (по Штрунцу, 1962)
		по Strada, Schwendimann, 1934	из картотеки ASTM № 13-429, по данным U. S. Nation. Bureau of Standarts, Monogr. 25, ser. 2, 1962	
Параметры ячейки (в Å):				
$a_0$ . . . . .	7.039±0.011	6.904	7.079	6.89
$c_0$ . . . . .	6.272±0.022	6.292	6.292	6.04
$c_0/a_0$ . . . . .	0.8910	0.9099	0.8890	0.87
$Z$ . . . . .	4	4	4	4
Объем ячейки (в Å <sup>3</sup> ) . . . . .	310.953	299.432	315.305	286.72
Рентгеновская плотность . . . . .	4.866	5.053	4.800	4.258

Примечание. У М. Страды и Г. Швендиманна параметры элементарной ячейки даны в кХ, здесь они пересчитаны нами в метрические ангстремы.

Исследованием синтетического арсената иттрия, проведенным М. Страдой и Г. Швендиманном (Strada, Schwendimann, 1934), установлено, что это соединение является структурным аналогом ксенотима и циркона и принадлежит к пространственной группе  $D_{4h}^{19}-I4_1/amd-I4_1/a2/m2/d$ . По приведенным в картотеке ASTM индексам линий синтетического  $Y[AsO_4]$  и значениям межплоскостных расстояний черновита были определены его структурные характеристики, приведенные в табл. 2. Значения параметра  $a_0$  вычислены по межплоскостным расстояниям линий (200), (400), (220), (420); значения параметра  $c_0$  — по линиям (112), (332), (224), (512), (532). Сравнение показывает, что структурные параметры черновита значительно лучше сопоставимы с параметрами синтетического  $Y[AsO_4]$ , чем с соответствующими параметрами ксенотима. Параметр  $a_0$  имеет значение, близкое к среднему из данных М. Страды и Г. Швендиманна и данных Американского бюро стандартов; параметр  $c_0$  несколько меньше приводимого в этих двух источниках. Соответственно близкие к средним полу-чаются значения отношения  $c_0/a_0$ , объема ячейки и рентгеновской плотности черновита.

О составе черновита мы можем судить лишь по его рентгеноструктурной идентичности с  $Y[AsO_4]$  и по результатам приближенно-количественного спектрального анализа (табл. 3). Содержания Y и As оценены срав-

Таблица 3

## Результаты приближенно-количественного спектрального анализа черновита

Элементы	Содержание, в %	Элементы	Содержание, в %
Y . . . . .	≥ 30	Be . . . . .	0.001
La . . . . .	0.8	Mn . . . . .	0.02
Ce . . . . .	0.8	Pb . . . . .	0.01
As . . . . .	~ 30.0	Cu . . . . .	0.01
P . . . . .	0.6	Ti . . . . .	0.04
V . . . . .	0.3	Cr . . . . .	0.01
Si . . . . .	2.0	Sn . . . . .	0.01

Примечание. Анализ выполнен в лаборатории минералогии Института геологии Коми филиала АН СССР. Аналитик Г. Е. Юшкова.

нением со снимками эталонных смесей и являются ориентировочными. Уверенно можно говорить, что эти элементы содержатся в десятках процентов. По данным рентгеноспектрального анализа (табл. 4), в составе редких земель черновита резко преобладают элементы иттриевой группы, причем только иттрий составляет 78% от суммы редких земель.

Черновит при комнатной температуре не разлагается ни в соляной, ни в азотной, ни в серной кислотах, ни в их смесях вплоть до царской водки.

Таким образом, приведенные данные позволяют утверждать, что черновит действительно является новым минеральным видом, отличающимся от его структурного аналога — ксенотима по структурным параметрам, химическому составу, твердости и показателям преломления (табл. 5). Минералов, аналогичных по свойствам описанному, в литературе не встречено. Идентичность дебаеграмм черновита и довольно хорошо изученного синтетического арсената иттрия дает возможность считать черновит по составу очень близким к  $Y[AsO_4]$ . По данным спектрального приближенно-количественного анализа, небольшая часть мышьяка в черновите замещается фосфором, ванадием и, возможно, кремнием.

Парагенезис черновита с пьезонитом, гематитом, ильменитом, пиролюзитом, альбитом и гастингситом и полное отсутствие сульфидов свидетельствуют о высоком кислородном потенциале и повышенной щелочности постмагматических или пневматолито-гидротермальных минералообразующих растворов, возможно, связанных с внедрением даек микрограносиенитов, которые обнаружены в 2 км от описанной выше зоны минерализации. В связи с этим интересно напомнить об исследовании Д. П. Григорьева (1965), проанализировавшего вероятностный ряд эволюции связей в минералах мышьяка.

Можно полагать, что в черновите —  $Y^{+++}[As^{+}O_4]^{-}$ , как и во всех арсенатах, мышьяк более положителен, чем в арсеносульфосолях, т. е. ковалентные связи атома заметно смещаются в положительную сторону. Это является отражением смещения окислительно-восстановительного потенциала минералообразующих растворов в сторону окисления. Следовательно, минералы с мышьяком в виде  $As^{+}O_4$  занимают самое крайнее положение в ряду Д. П. Григорьева, характеризующем изменение характера связей в минералах мышьяка с усилением окислительных свойств среды. Геолого-минералогические данные об условиях локализации и образования черновита подтверждают этот интересный вывод Д. П. Григорьева.

Образец измененных липаритовых порфиров с кристалликами черновита передан на хранение в Минералогический музей Ленинградского горного института.

Авторы выражают глубокую благодарность Н. Н. Батыревой, С. И. Берхин, Е. Васильеву, В. П. Давыдову, Р. Г. Тимониной, И. В. Швецовой и Г. Е. Юшковой за помощь в проведении аналитических работ, а также

Таблица 4

Состав редких земель в черновите, по данным рентгеноспектрального анализа

Элементы	Содержание, в % от суммы
La . . . . .	Нет
Ce . . . . .	0.4
Pr . . . . .	Нет
Nd . . . . .	1.6
Sm . . . . .	1.1
Eu . . . . .	0.2
Gd . . . . .	2.2
Tb . . . . .	0.6
Dy . . . . .	4.2
Ho . . . . .	1.4
Er . . . . .	4.7
Tu . . . . .	0.6
Yb . . . . .	4.1
Li . . . . .	0.9
Сумма TR—Y	22.0
Y . . . . .	78.0
Сумма . . . . .	100.0

Примечание. Анализ проведен в лаборатории ИМГРЭ по методике, изложенной в статье Р. Л. Баринского (1958). Аналитик Е. Васильев.

Таблица 5

## Сравнительная характеристика свойств черновита и ксенотима

Свойства	Черновит	Ксенотим (по Дэна и др., 1954)
Твердость: в кг/мм <sup>2</sup> . . . . . по Моосу . . . . .	225—429, среднее 315 кг/мм <sup>2</sup> 4.2—4.7	398—614, среднее 487 * 4—5
Удельный вес.	Более 4.2 (4.87 вычисл.).	4.4—5.1 (4.25 вычисл.).
Блеск.	Стеклянный.	Стеклянный, приближающийся к смолистому.
Цвет.	От бесцветного до светло-желтого; под микроскопом обычно бесцветный.	Обычно желтовато-коричневый до красновато-коричневатого; темно-коричневый, кроваво-красный, серовато-белый, винно-желтый, светло-желтый, зеленоватый; под микроскопом обычно бесцветный.
Осность и знак.	Одноосный, положительный.	Одноосный, положительный.
Показатели преломления: <i>No</i> . . . . . <i>Ne</i> . . . . . <i>Ne—No</i> . . . . .	1.783 1.879 0.096	1.720—1.721 1.816—1.827 0.090—0.106
Плеохроизм.	От бесцветного по <i>Ne</i> до бледно-розовато-желтого по <i>No</i> .	Наблюдается редко; от коричневатого-желтого, серовато-коричневого или зеленоватого по <i>Ne</i> до ярко-розового, желтого или желтовато-коричневого по <i>No</i> .
Химический состав, %.	$Y \geq 30$ ; $As \sim 30$ ; $P = 0.6$ ; $V = 0.3$ ; $Si = 2$ .	$Y_2O_3 = 61.40$ ; $P_2O_5 = 38.60$ .

Э. М. Бонштедт-Куплетской и В. А. Франк-Каменецкому за ценные советы и замечания в ходе проведения исследований.

## Литература

- Баринский Р. Л. (1958). Количественное определение редкоземельных элементов в минералах и концентратах флуоресцентным рентгеноспектральным методом. Зав. лабор., № 5.
- Григорьев Д. П. (1965). Вероятное соотношение ионной и ковалентной связей мышьяка в различных минералах и изменчивость связей в процессе минералообразования. В сб.: Проблемы геохимии. Изд. «Наука».
- Дэна Дж. Д., Э. О. Дэна, Ч. Пэлач, Г. Бэрман, К. Фрондель. (1954). Система минералогии, т. II, полутом 2. ИЛ.
- Лебедева С. И. (1963). Определение микротвердости минералов. Изд. АН СССР.
- Михеев В. И. (1957). Рентгенометрический определитель минералов. Геолтехиздат.
- Machatschki F. (1935). (Реферат работы М. Страды и Г. Швендиманна). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Referate. I. Kristallographie, Mineralogie.
- Strada M., G. Schwendimann. (1934). La struttura cristallina di alcuni fosfato ed arseniato dei metalli trivalenti. II. Arseniato e fosfato di ittrio. Gazz. chim. Ital., № 64.

Институт геологии  
Коми филиала АН СССР,  
г. Сыктывкар.

\* Твердость ксенотима в кг/мм<sup>2</sup> приводится по С. И. Лебедевой (1963).