

© Д. чл. И. В. ПЕКОВ,* д. чл. А. Г. ТУРЧКОВА,* Н. В. ЧУКАНОВ,** А. Е. ЗАДОВ,*** В. Г. ГРИШИН

ШАБАЗИТ-Sr (Sr, Ca)[Al₂Si₄O₁₂] · 6H₂O — НОВЫЙ ЦЕОЛИТ
ИЗ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВI. V. PEKOV, A. G. TURCHKOVA, N. V. CHUKANOV, A. E. ZADOV, V. G. GRISHIN. CHABAZITE-Sr,
(Sr,Ca)[Al₂Si₄O₁₂] · 6H₂O, A NEW ZEOLITE MINERAL FROM LOVOZERO MASSIF, KOLA PENINSULA* Московский университет, геологический факультет, 119899, Москва, Воробьевы горы
** Институт Проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., п. Черноголовка
*** НПО «Регенератор», 127018, Москва, ул. Складочная, б, к. 302

Chabazite-Sr, a new mineral species of the zeolite group, a Sr-dominant member of the chabazite series is found at Suoluaiv Mt., Lovozero alkaline massif, Kola peninsula, Russia. It occurs in thin aegirine—potassic-feldspar pegmatite crosscutting nepheline and noseane syenites. It associates with analcime, gonnardite, vinogradovite, phillipsite, lavenite, seidozerite, apatite, etc. Crystals of chabazite-Sr (up to 0.3 mm) are coarse-shaped disk-like, twinned by «phacolitic» law; their open-book-like aggregates are situated in cavities of corroded analcime crystals. Colourless or yellowish, transparent. Streak white. Lustre vitreous. Cleavage (101), medium. Brittle, fracture rough. Mohs' hardness 4—4.5. $D_{\text{meas}} = 2.16(1)$, $D_{\text{calc}} = 2.20(1)$ g/cm³. Optically uniaxial, positive; $N_o = 1.503(1)$, $N_e = 1.507(1)$. Chemical composition (electron probe, H₂O-content is determined by thermogravimetric data), wt %: Na₂O 0.85, K₂O 2.97, CaO 4.79, SrO 10.32, BaO 0.36, Al₂O₃ 21.74, SiO₂ 40.33, H₂O 18.40, Total 99.76. Empirical formula: (Sr_{0.54}Ca_{0.46}K_{0.34}Na_{0.15}Ba_{0.01})Σ1.50[(Al_{2.31}Si_{3.64})Σ5.95O₁₂] · 5.53H₂O, simplified formula: (Sr,Ca)[Al₂Si₄O₁₂] · 6H₂O (Z = 6). Trigonal, space group *R3m* (by analogy with other chabazites). Parameters of unit cell: $a = 13.715(6)$, $c = 15.09(1)$ Å, $V = 2458(4)$ Å³. The strongest reflexes of X-ray powder diagram (d , Å- hkl): 9.38-8[101], 5.55-6[021]; 4.34-7[211], 2.92-10[401], 1.697-7[524, 700, 530]. IR spectrum is given. Type specimen is kept in Fersman Mineralogical Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow.

При изучении цеолитов Ловозерского щелочного массива, Кольский полуостров, был обнаружен шабазит необычного химического состава. В нем преобладающим внекаркасным катионом является стронций. До настоящего времени в природе были известны только шабазиты с преобладанием кальция, натрия или калия: шабазит-Ca — наиболее распространенный, шабазит-Na — бывший гершелит и шабазит-K (Recommended..., 1997; Mandarino, 1999). В то же время среди синтетических цеолитов, согласно персональному сообщению д-ра Д. С. Кумбса, известна Sr-доминантная шабазитоподобная фаза, полученная катионообменным путем. В соответствии с действующей в настоящее время номенклатурой природных цеолитов, учитывающей не только тип алюмокремнекислородного каркаса, но и главенствующий внекаркасный катион, наша находка представляет собой новый минеральный вид. Ему, согласно принятым для этой группы правилам (Recommended..., 1997), дано название шабазит-Sr,¹ отражающее принадлежность к серии шабазита и доминирование стронция среди внекаркасных катионов.

Стронций является типичным примесным компонентом многих природных цеолитов, особенно кальциевых, но в качестве доминирующего катиона в минералах этой группы выступает очень редко: описаны только два собственно стронциевых цеолита — достаточно экзотический брукстерит-Sr (Sr, Ba)₂[Al₄Si₁₂O₃₂] · 10H₂O и еще реже встречающийся гейландит-Sr (Sr_{0.5}Ca_{0.5}Na,K)₉[Al₉Si₂₇O₇₂] · ~24H₂O (Mandarino, 1999). Существенная примесь стронция отмечается для томсонита, гейландита-Ca, гмелинита-Ca, перлиалита и беллбергита. Этот элемент в ощутимых количествах иногда присутствует и в шабазитах. Так, Е. И. Семеновым под названием «Sr-шабазит» описана разновидность шабазита-Ca с г. Куйвчорр в Ловозерском массиве, содержащая 5.15 % SrO и характеризующаяся отношением Ca : Sr = 3.16 (Семенов, 1967). Чуть позже шабазит подобного состава был найден и в Италии: 5.27 % SrO,

¹ Новый минерал шабазит-Sr одобрен Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 2 декабря 1999 г.

Ca: Sr = 2.32 (Passaglia, 1970). Шабазиты с существенным (до нескольких процентов) содержанием стронция встречены нами в Ловозерском и соседнем Кургинском щелочных массивах.

Шабазит с преобладанием стронция обнаружен на г. Суолауйв в юго-восточной части Ловозерского массива, в маломощном (до 5—10 см) жильном пегматитовом теле, получившем название «Сейдозеритовое» по находке прекрасных образцов сейдозерита. Жила сечет пойкилитовые нефелиновые и нозеановые сиениты. Ее главные минералы — калиевые полевые шпаты и обогащенный кальцием эгирин. Калиево-полевошпатовая составляющая «Сейдозеритового» оказалась необычной для пегматитов Ловозера: это прозрачный бесцветный или сероватый блоковый санидин, среди которого развивается микроклин в виде обильных мелких удлиненных вростков. В подчиненных количествах в состав пегматита входят нефелин, ильменит, ловенит, сейдозерит, лоренценит, содалит, апатит, тайниолит и сфалерит. В мелких полостях развит комплекс гидротермальных минералов: цеолиты, катаплеит, виноградит, пирохлор, анатаз и поздний апатит. Особого внимания заслуживают цеолиты, представленные здесь большим набором минералов, находящихся, правда, в очень небольших количествах. В «Сейдозеритовом» нами обнаружены: филлипсит, анальцит, шабазит-Sr, шабазит-Ca, каулсит, паранатролит, тетрагональные аналоги натролита — высококальциевый гоннардит и практически бескальциевый тетранатролит (интересно, что собственно натролит при этом отсутствует). Цеолиты формируются как минимум в две стадии с замещением ранних минералов более поздними: крупные, до 1 см, четко образованные кристаллы филлипсита замещаются агрегатом мелких сферолитов гоннардита, а тетрагонтриоктаэдры (до 5 мм) анальцима нередко корродированы внутри, и в этих пустотелых «фуглярах» кристаллизуются шабазит-Sr и тетранатролит.

Вне связи с анальцитом шабазит-Sr не встречен. Он образует кристаллы до 0.3 мм, щетки, корочки и ажурные сростки до 3 мм внутри разъеденных кристаллов анальцима. Все наблюдавшиеся индивиды нового минерала сдвойникованы по «факолитовому» закону, типичному для шабазита, и это определяет их морфологию (рис. 1). Они сильно уплощены, имеют дисковидную форму, образованы весьма грубо. Двойниковое строение хорошо видно и в иммерсионных препаратах. Несмотря на отсутствие четкой огранки, можно предположить, что главной габитусной формой кристаллов является обычная для шабазита — «факолита» тупая гексагональная дипирамида {113} (Gottardi, Galli, 1985). Интересны крестообразные сростки таких кристаллов под прямым или очень близким к прямому углом (рис. 1, б). Они встречаются здесь нередко, и это позволяет считать, что мы имеем дело не со случайными сростками, а с двойниками прорастания. Судя по ориентировке кри-

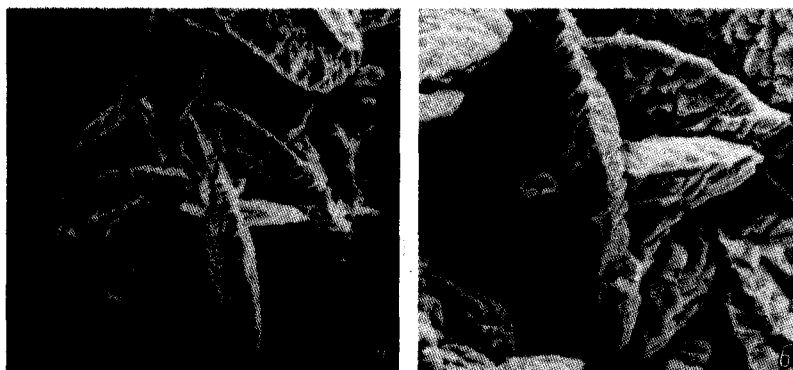


Рис. 1. Сдвойникованные по «факолитовому закону» — кристаллы шабазита-Sr, РЭМ-фото.

а — ажурный сросток, увел. 1500; б — крестообразный двойник прорастания, увел. 2000.

Fig. 1. Disk-like twinned by «phacolitic» law crystals of chabazite-Sr, SEM-photo. Magnification: a) 1500x; б) 2000x.

таллов, двойниковой осью, скорее всего, является [100]. Сведений о двойниках подобного типа у шабазита найти в литературе не удалось.

При больших увеличениях можно видеть (рис. 1), что поверхность кристаллов шабазита-Sr не гладкая, а представляет собой агрегат одинаково ориентированных, очень мелких (0.005—0.03 мм) грубообразованных ромбоэдрических субиндивидов. Судя по форме, они в отличие от кристалла-подложки образованы наиболее обычными для шабазита гранями ромбоэдра {101} и не являются простыми двойниками. Их ребра острые, в некоторых местах в агрегатах наблюдается явление геометрического отбора, что позволяет однозначно идентифицировать эти ромбоэдры как формы роста, а не растворения. Главные оси субиндивидов параллельны (или почти параллельны) главной оси крупного индивида — «родоначальника», т. е. мы имеем дело с автоэпитаксическим многоглавым дорастанием кристалла. Весьма вероятно, что стадии дорастания предшествовала стадия травления поверхности, и рост субиндивидов начинался на бугорках травления (перекристаллизация?).

Шабазит-Sr бесцветный или желтоватый, прозрачный, с белой чертой и стеклянным блеском. Хрупкий, наблюдается средняя спайность, вероятно, по (101), излом неровный. Твердость по Моосу 4—4.5. Плотность, измеренная методом уравнивания зерна в тяжелых жидкостях, составляет 2.16(1), рентгеновская — 2.20(1) г/см³. Под микроскопом шабазит-Sr также бесцветный, не плеохроирует, оптически одноосный, положительный. Показатели преломления: $n_o = 1.503(1)$, $n_e = 1.507(1)$.

Катионный состав шабазита-Sr изучен рентгеноспектральным методом (аналитик А. Н. Некрасов), содержание H₂O определено из микронавески по потере массы при нагревании. Несмотря на значительное количество воды в минерале, он оказался весьма устойчив под электронным зондом, и дефицит суммы анализов хорошо коррелирует с термогравиметрическими данными. Вода полностью удаляется из шабазита-Sr до температуры 570°C. Химический состав голотипного образца следующий (мас. %): Na₂O 0.85, K₂O 2.97, CaO 4.79, SrO 10.32, BaO 0.36, Al₂O₃ 21.74, SiO₂ 40.33, H₂O 18.40; сумма 99.76; содержания Mg, Mn, Fe, Ti < 0.01—0.03 %. Этот состав отвечает рассчитанной на O-12 эмпирической формуле: (Sr_{0.54}CaO_{0.46}K_{0.34} · Na_{0.15}Ba_{0.01})_{Σ1.50}[(Al_{2.31}Si_{3.64})_{Σ5.95}O₁₂] · 5.53H₂O. Упрощенная формула шабазита-Sr: (Sr, Ca)[Al₂Si₄O₁₂] · 6H₂O (Z = 6). В кристаллах шабазита-Sr встречаются участки шабазита-Ca с Ca/Sr отношением, достигающим 1.1.

Результаты расчета рентгенограммы шабазита-Sr
X-ray powder data for chabazite-Sr

<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>
8	9.38	9.34	101	5	1.803	1.805	416
6	5.55	5.53	021			1.804	317
5	5.04	5.03	003			1.801	425
1	4.72	4.67	202	1	1.732	1.734	434
7	4.34	4.30	211	7	1.697	1.698	524
4	3.95	3.957	300			1.697	700
3	3.59	3.595	104			1.697	530
3	3.42	3.429	220	2	1.625	1.626	516
3	3.23	3.220	311	4	1.512	1.513	541
10	2.92	2.913	401	3	1.507	1.509	624
1	2.70	2.691	205	1	1.468	1.4679	632
4	2.59	2.593	410	1	1.432	1.4340	633
5	2.50	2.514	006			1.4305	2.1.10
		2.505	215	4	1.392	1.3909	634
4	2.265	2.266	502	2	1.356	1.3569	641
		2.260	331			1.3564	438
4	2.070	2.081	333				

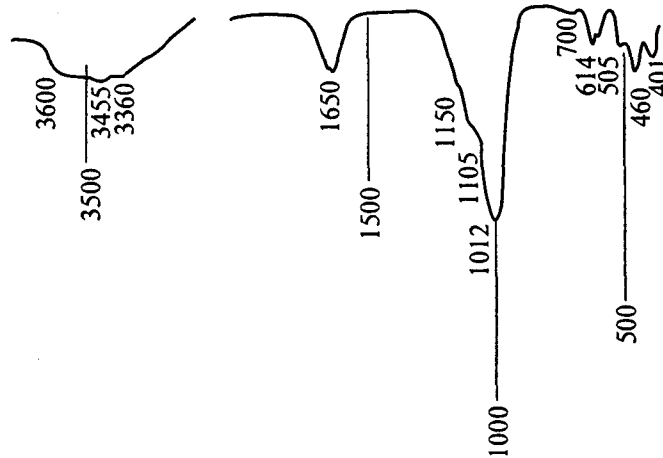


Рис. 2. ИК-спектр шабазита-Sr.
Fig. 2. IR spectrum of chabazite-Sr.

Минералы серии шабазита имеют тригональную ($R\bar{3}m$) или же псевдотригональную триклинную ($P1$) симметрию (Passaglia, 1970; Gottardi, Galli, 1985). Тонкое двойникование шабазита-Sr помешало провести его монокристалльное рентгеновское исследование. Однако совокупность порошковых рентгеновских данных и результатов оптического исследования позволяет считать наш минерал тригональным. Все рефлексы порошкограммы шабазита-Sr (см. таблицу), полученной в камере РКД-57.3 (УРС-50, $Fe_{K\alpha}$ -излучение), хорошо индицируются в рамках обычной для тригональных шабазитов элементарной ячейки (Gottardi, Galli, 1985) и отвечают условиям ромбоэдричности. Оптическая одноосность подтверждает высокую симметрию минерала. Для шабазита-Sr по аналогии с другими тригональными шабазитами принята пространственная группа $R3m$. Параметры элементарной ячейки: $a = 13.715(6)$, $c = 15.09(1)$ Å, $V = 2458(4)$ Å³. Дебаеграмма шабазита-Sr практически идентична порошкограммам других членов серии шабазита, незначительно отличающаяся от них несколько увеличенными значениями ряда межплоскостных расстояний, что, видимо, вызвано вхождением в структуру крупного катиона Sr^{2+} . Однако, учитывая, что перед нами цеолит, где внекаркасные катионы располагаются в широких каналах, мы не можем рассматривать данные отличия как диагностические. ИК-спектр нового минерала (рис. 2) также очень близок к спектрам других шабазитов.

Появление шабазита-Sr и широкая распространенность высокостронциевых цеолитов в гидротермалитах Ловозерского массива в сравнении с другими щелочными комплексами представляются вполне закономерными. Породы Ловозера существенно обогащены стронцием (Герасимовский и др., 1966), а в поздних образованиях — пегматитах и гидротермалитах — он накапливается в еще большей степени. По нашим данным, на сегодняшний день в массиве найдено 19 (!) собственных минералов этого элемента. В их числе развитый во многих породах лампрофиллит, типичные для ультраапатитовых пегматитов беловит, умбозерит, члены группы нордита. Еще более десятка ловозерских минералов содержат существенную (>1%) примесь Sr, и среди них такие распространенные, как лопарит, апатит и эвдиалит. Что касается позднепегматитовых и гидротермальных ассоциаций, то представляется интересным подчеркнуть некоторое отличие Ловозерского массива от соседнего Хибинского, где стронций на поздних стадиях входит главным образом в карбонаты (анкилит, стронцианит) и в апатит. Фосфатная, и особенно карбонатная, минерализация в Ловозере развита намного слабее, чем в Хибинах. Возможно, как раз по этой причине силикаты, в том числе цеолиты, и оказались значимыми концентраторами стронция в гидротермалитах Ловозерского массива.

Эталонный образец шабазита-Sr передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН в Москве (рег. № 2469/1). Авторы благодарны П. В. Хворову и Л. А. Паутову за помощь.

Список литературы

- Герасимовский В. И., Волков В. П., Козарко Л. Н. и др. Геохимия Ловозерского щелочного массива. М., 1966. 395 с.
Семенов Е. И. Цеолиты Ловозерского щелочного массива // Минералогия пегматитов и гидротермалитов щелочных массивов. 1967. С. 14—29.
Gottardi G., Galli E. Natural Zeolites. Berlin, 1985. 409 p.
Mandarino J. A. Fleischer's Glossary of Mineral Species. Tucson, 1999. 225 p.
Passaglia E. The crystal chemistry of chabazites // Amer. Miner. 1970. Vol. 55. P. 1278—1301.
Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the Subcommittee on Zeolites of the IMA, Commission on New Minerals and Mineral Names // Canad. Miner. 1997. Vol. 35. P. 1571—1606.

Поступила в редакцию
1 февраля 2000 г.

УДК 549.061.24052(100)

ЗВМО, № 4, 2000 г.
Proc. RMS, N 4, 2000

© Дж. Д. ГРАЙС,* Дж. ФЕРРАРИС**

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ, УТВЕРЖДЕННЫЕ КНМНМ ММА В 1999 г.

J. D. GRICE, G. FERRARIS. NEW MINERALS APPROVED IN 1999 BY THE COMMISSION ON NEW MINERALS AND MINERAL NAMES. INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION

Joel D. Grice* (Chairman, CNMMN) and Giovanni Ferraris** (Vice-Chairman, CNMMN)

*Canadian Museum of Nature, P. O. Box 3443A, Station 'D', Ottawa, Ontario,
Canada K1P 6P4 — jgrice@mus-nature.ca

**Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche,
Universita di Torino, Via Valperga Caluso 35, I-10125 Torino, Italy — ferraris@dsmp.unito.it

The information given here is provided by the Commission on New Minerals and Mineral Names, I. M. A. for comparative purposes and as a service to mineralogists working on new species.

Each mineral is described in the following format:

IMA No.

Chemical Formula (any relationship to other minerals; structure analysis)

Crystal system, space group unit cell parameters

Colour; lustre; diaphaneity

Optical properties

Strongest lines in the X-ray powder diffraction pattern

The names of these approved species are considered confidential information until the authors have published their descriptions or released information themselves.