

- Звягин Б. Б., Работнов И. Е., Сидоренко О. В., Котельников Д. Д. Уникальная слюда из нецентросимметричных слоев // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 5. С. 121—124.
- Коровко А. В., Грабежев А. И., Двоглазов Д. А. Метасоматической ореол Сафьяновского цинково-медного месторождения (Средний Урал) // Докл. АН СССР. 1988. Т. 303. № 3. С. 692—695.
- Новгородова М. И., Соболева С. В., Власова Е. В. Типоморфизм диоктаэдрических слюд золоторудных месторождений // ЗВМО. 1983. Вып. 5. С. 601—611.
- Омельяненко Б. И., Воловикова И. М., Дриц В. А. и др. О содержании понятия серицит // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1982. № 5. С. 69—87.
- Русинова О. В., Русинов В. Л. Вариации состава, полиптипа и условия образования диоктаэдрических калиевых слюд. Метасоматизм, минералогия и вопросы генезиса золотых и серебряных месторождений. М.: Наука, 1986. С. 41—58.
- Ципурский С. И., Дриц В. А. Распределение октаэдрических катионов в 2:1 слоях диоктаэдрических смектитов (по данным электронографии) // Минер. журн. 1984. Т. 6. № 1. С. 3—16.
- Bloch A. M., Zhukhlistov A. P., Zvyagin B. B. Centrosymmetric and noncentrosymmetric one-layer polytypes of metasomatic sericites in the upper Devonian of the Tuva Through // Abstracts of the 15th General IMA Meeting. Beijing, China, 1990. Vol. 1. P. 297.
- Drits V. A., Wever F., Salyn A. L., Tsipursky S. I. X-ray identification of one-layer illite varieties: application to the study of illites around uranium deposits of Canada // Clays and Clay Minerals. 1993. Vol. 41. N 3. P. 389—398.
- Mering J., Oberlin A. Electron-optical study of smectites // Clays and Clay minerals. 1967. Vol. 15. P. 2—25.
- Zhukhlistov A. P., Zvyagin B. B. The efficiency of electron diffractions in revealing 2:1 layer differing in structures and symmetry, found in dioctahedral micas and smectites. Prog. 7th Euroclay Conf. Dresden, 1991. P. 1211—1212.

Поступила в редакцию
26 июня 1999 г.

УДК 549.643

ЗВМО, № 1, 2001 г.
Proc. RMS, N 1, 2001

© Д. чл. С. Н. НИКАНДРОВ, Ю. С. КОБЯШЕВ, П. М. ВАЛИЗЕР

СЕРИЯ САДАНАГАИТА В ИЛЬМЕНОГОРСКОМ ЩЕЛОЧНОМ КОМПЛЕКСЕ (УРАЛ, РОССИЯ)

S. N. NIKANDROV, Yu. S. KOBYASHEV, P. M. VALIZER. SADANAGAITE SERIES
IN IL'MENOGORSKY ALKALINE COMPLEX (THE URALS, RUSSIA)

Ильменский государственный заповедник УрО РАН, 456317, Миасс Челябинской обл.
E-mail: nik@ilmeny.ac.ru

On the base of Nomenclature for the amphibole group minerals approved by the CNMMN IMA in 1997 and a matrix model of the amphibole nomenclature, an analysis of published data has been carried out for amphiboles of sadanagaite series from various regions over the world (Russia: Transbaikalia and Il'menskye Gory; Japan: Yuge and Miodzin islands; Austria: the Alpes; Sardinia). Amphiboles of the sadanagaite series are characterized by the following crystal-chemical formula: $R^{1+}R_2^{2+}(L_3M_2)(Si_5Al_3)O_{22}(D^-)_2$. It has been revealed that at present there are known 6 final members of this series. Among them, two are normative ones (Na prevails over K in the A position): sadanagaite and alumino-magnesiumsadanagaite. Such members as aluminosadanagaite and magnesiumsadanagaite are actually unknown yet. Four other members are the potassium analogs (K prevails over Na): potassiumsadanagaite, potassic-aluminosadanagaite, potassic-magnesiumsadanagaite, and potassic-alumino-magnesiumsadanagaite. Three final members have been found within Il'menogorsky alkaline complex; two among them are normative ones: sadanagaite and alumino-magnesiumsadanagaite, the third one is the K-analog — potassicsadanagaite. Sadanagaite and potassicsadanagaite are known in the Il'menogorsky complex only; their analyses have been published for the first time in 1974 but attributed by the author as hastingsite. So, «sadanagaite» was discovered in 1986 in Japan, where all its finds are represented by potassic analogs.

Некоторые аспекты номенклатуры амфиболов уже ранее рассматривались А. Г. Баженовым и соавторами (1999). Как известно, в 1984 году на территории Японии в скарнах среди известняков описаны амфиболы с содержанием кремнезема (Si) менее 5.5 ф. е. (Shimazaki e. a., 1984), т. е. ниже, чем у известных к тому времени амфиболов. Это послужило основанием для выделения двух новых минеральных видов: «санагаита» (в позиции $C \text{ Fe}^{2+} > \text{Mg}$) и «магнезиосанагаита» (в позиции $C \text{ Fe}^{2+} < \text{Mg}$). Баланс катионов позиции Т в них дискретизируется до (Si_5Al_3) . Оба минерала характеризуются преобладанием К над Na в позиции А.

Номенклатура нормативных амфиболов серии саданагаита
Nomenclature of normative amphiboles of sadanagaite series

Баланс катионов типа М	Баланс катионов типа L	
	Mg > Fe ²⁺	Fe ²⁺ > Mg
Al > Fe ³⁺	Алюминомагнезиосаданагаит (alumino-magnesiosadanagaite)	Алюминосаданагаит (aluminosadanagaite)
Fe ³⁺ > Al	Магнезиосаданагаит (magnesiosadanagaite)	Саданагаит (sadanagaite)

Примечание. Калиевые аналоги нормативных амфиболов серии саданагаита характеризуются преобладанием калия над натрием в позиции А, их названия образуются добавлением приставки «калий» («potassic») к названию соответствующего нормативного амфибола: калийалюминомагнезиосаданагаит (potassic-alumino-magnesiosadanagaite), калийалюминосаданагаит (potassic-aluminosadanagaite), калиймагнезиосаданагаит (potassic-magnesiosadanagaite), калийсаданагаит (potassicsadanagaite).

Общая формула для них: (K,Na)Ca₂(Fe²⁺,Mg,Al,Fe³⁺,Ti)₅[(Si,Al)₈O₂₂(OH)₂] (Shimazaki e. a., 1984). Дальнейшая хронология изучения амфиболов серии саданагаита в различных регионах мира следующая:

- в 1986 году в Восточных Альпах под названием «магнезиосаданагаит» описаны амфиболы, сходные с японским «магнезиосаданагаитом», но в позиции А Na преобладает над К (Mogessie e. a., 1986);
- в 1988 году в Ильменогорском комплексе (Урал, Россия) под названием «саданагаит» описаны амфиболы, сходные с японским «саданагаитом», в одном из анализов в позиции А Na преобладает над К (Баженов и др., 1988);
- в 1996 году в Приольхонье (Западное Прибайкалье, Россия) под названием «ферросаданагаит» описан амфибол, сходный с японским «саданагаитом», в позиции А К преобладает над Na (Минералы, 1996), часть амфиболов имеет количество Si не только менее 5.5 ф. е., но даже менее 4.5 ф. е. — см. ниже;
- в 1998 году в Ильменогорском комплексе под названием «магнезиосаданагаит» описан амфибол, сходный с японским «магнезиосаданагаитом», но в позиции А Na преобладает над К (Поляков, Баженов, 1998).

В последней номенклатуре минералов группы амфиболов (Лик и др., 1997; Leake e. a., 1997, ниже — IMA97) в основе разделения моноклиновых амфиболов на подгруппы принято распределение Ca и Na по позициям А и В: кальциевые амфиболы, натриево-кальциевые и натриевые. Мы их считаем нормативными, так как с ними сравниваются амфиболы с преобладанием иных катионов в ряде структурных позиций. Вместе с тем IMA97 предусматривает изоморфизм К с Na в позиции А, а также F⁻, Cl⁻, OH⁻ в позиции OH⁻ и др. Т. е. предусмотрены аналоги по K, F⁻, Cl⁻, Ti в качестве минеральных видов (конечных членов). На основе IMA97 и разделения амфиболов на нормативные и их аналоги нами разработана матричная модель номенклатуры амфиболов (Никандров и др., 1999), позволяющая систематизировать их более четко, чем IMA97.

В IMA97 приводятся два конечных члена нормативной серии саданагаита: саданагаит NaCa₂[Fe³⁺(Fe³⁺,Al)₂](Si₅Al₃O₂₂)(OH)₂ и магнезиосаданагаит NaCa₂[Mg₃(Fe³⁺,Al)₂](Si₅Al₃O₂₂)(OH)₂. Тем самым фиксируется вариация катионов типа L в позиции С (Fe²⁺ ↔ Mg) по правилу 50% (в обоих минералах баланс катионов типа М: Fe³⁺ > Al). Вместе с тем предусматривается вариация катионов типа М в той же позиции (Fe³⁺ ↔ Al). Это дает основание для введения в нормативную серию саданагаита еще двух конечных членов (в соответствии с правилами образования названий IMA97): алюминосаданагаита NaCa₂[Fe³⁺(Al,Fe³⁺)₂](Si₅Al₃O₂₂)(OH)₂ и алюминомагнезиосаданагаита NaCa₂[Mg₃(Al,Fe³⁺)₂](Si₅Al₃O₂₂)(OH)₂. Баланс катионов типа М в них: Al > Fe³⁺. Таким образом, номенклатуру нормативных амфиболов серии саданагаита можно представить в виде табл. 1. Именно так в матричной модели номенклатуры амфиболов (Никандров и др., 1999) выглядит ячейка серии саданагаита. В целом саданагаиты кристаллохимически соответствуют типу R¹R²₂(L₃M₂)(Si₅Al₃)O₂₂(D⁻)₂.

На основании этой схемы (табл. 1) проведен номенклатурный анализ опубликованных данных по саданагаитам, а также проведены номенклатурные уточнения амфиболов Ильменогорского щелочного комплекса, анализированных до открытия саданагаита (табл. 2).

Кристаллохимические формулы амфиболов, анализы которых приведены в табл. 2, следующие:

Анализ	Формула
1. (K ₇₁ Na ₂₉) _{1.0} Ca _{2.01} (Fe _{1.55} Mg _{1.50} Mn _{0.02}) _{3.07} (Al _{1.07} Ti _{4.6} Fe _{3.6}) _{1.93} (Si _{4.61} Al _{3.39}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
2. (K ₇₄ Na ₁₆) _{1.90} (Ca _{1.99} Na _{0.1}) _{2.0} (Fe _{1.63} Mg _{1.41} Mn _{0.04}) _{3.08} (Al _{1.81} Fe _{3.5} Ti _{5.0}) _{1.94} (Si _{4.66} Al _{3.34}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
3. (K ₆₉ Na ₁₆) _{1.95} (Ca _{1.97} Na _{0.3}) _{2.0} (Fe _{1.60} Mg _{1.52} Mn _{0.5}) _{3.17} (Al _{1.85} Ti _{5.1} Fe _{3.8}) _{1.84} (Si _{4.77} Al _{3.23}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
4. (K ₇₅ Na ₂₂) _{1.97} Ca _{2.07} (Mg _{1.84} Fe _{1.7} Mn _{0.1}) _{3.22} (Al _{1.94} Fe _{3.5} Ti _{3.8}) _{1.71} (Si _{4.95} Al _{3.05}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
5. (K ₆₂ Na ₃₇) _{1.99} Ca _{2.0} (Fe _{1.54} Mg _{1.48} Mn _{0.06}) _{3.48} (Al _{1.88} Fe _{3.5} Ti _{2.5}) _{1.52} (Si _{5.24} Al _{2.76}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
6. (K ₆₈ Na ₂₀) _{1.88} (Ca _{1.96} Mg _{0.4}) _{2.0} (Mg _{1.71} Fe _{1.3} Mn _{0.04}) _{2.88} (Fe _{3.7} Al _{1.7} Ti _{4.6}) _{2.14} (Si _{4.52} Al _{3.48}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	
7. (Na ₇₆ K ₁₄) _{1.90} (Ca _{1.86} Na _{1.4}) _{2.0} (Mg _{2.35} Fe _{1.7} Mn _{0.2}) _{3.24} (Al _{1.94} Fe _{3.5} Ti _{0.3}) _{1.76} (Si _{5.47} Al _{2.53}) _{8.0} O ₂₂ (OH) ₂	

Составы (мас. %) природных амфиболов серии саданагаита
Chemical composition (wt %) of natural amphiboles of the sadanagaite series

Анализ	Компонент													
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	F	Σ
1	30.2	4.0	24.8	15.2		0.1	6.6	12.3	1.0	3.7	Не опр.	Не опр.	Не опр.	97.9
2	29.9	4.3	22.6	17.4		0.3	6.1	11.9	0.6	3.7	» »	» »	» »	96.8
3	31.1	4.5	22.5	16.2		0.4	6.6	12.0	0.6	3.6	» »	» »	» »	97.5
4	32.1	3.2	22.0	13.7		0.1	8.0	12.5	0.7	3.8	» »	» »	» »	96.1
5	33.5	2.1	19.7	17.8		0.5	6.4	11.9	1.2	3.1	» »	» »	» »	96.2
6	29.5	4.0	23.2	16.4		0.3	7.7	11.9	0.7	3.5	» »	» »	» »	97.2
7	31.66	0.03	20.37	13.63		0.19	10.85	11.96	3.21	0.74	» »	» »	» »	98.64
8	37.75	0.52	20.50	9.74		—	13.24	12.49	2.71	1.42	» »	» »	» »	98.09
9	37.41	0.45	22.10	5.13		—	15.47	12.87	3.35	0.02	» »	» »	» »	96.80
10	28.94	4.09	25.77	20.65		0.12	2.19	11.25	1.04	3.17	» »	» »	» »	97.42
11	33.83	1.50	17.33	4.05	20.47	1.54	3.22	10.99	2.10	2.26	» »	» »	» »	97.23
12	35.43	1.02	21.08	3.77	8.76	0.29	10.08	11.79	1.60	1.20	1.90	—	0.21	97.04
13	34.33	1.29	16.64	8.34	13.73	0.45	6.13	10.13	3.73	2.29	2.16	0.20	0.94	99.97
14	35.70	1.55	13.85	10.48	15.82	—	3.78	9.90	3.07	2.08	Не опр.	Не опр.	Не опр.	96.23
15	34.33	1.53	17.46	5.89	17.78	1.37	3.71	10.43	2.45	2.78	1.70	—	0.65	99.87

Примечание. Анализы: 1–3, 5 — «саданагаит» из скарнов, о-в Юге (Япония) (Shimazaki e. a., 1984); 4 — «магнезиосаданагаит» из скарнов, о-в Миодзин (Япония) (Shimazaki e. a., 1984); 6 — «низкокремниевый амфибол серии эденит–гастингсит» ($Al^{VI} < Fe^{3+}$), скарны, о-в Юге (Япония) (Shimazaki e. a., 1984); 7 — «магнезиосаданагаит» из метабазита, долина Этц, Тирольские Альпы (Австрия) (Mogessie e. a., 1986); 8–9 — «магнезиосаданагаит» из метакarbonатных пород, долина Этц, Тирольские Альпы (Австрия) (Mogessie e. a., 1986); 10 — «ферросаданагат» из роговиковоподобной породы среди мраморов, Приольхонье (Западное Прибайкалье, Россия) (Минералы: справочник, 1996); 11 — «саданагаит» из фирсита, скальное обнажение борта р. Демидовка, восточный экзоконтакт Ильменского миаскитового тела, Ильменогорский комплекс (Южный Урал) (Баженов и др., 1988); 12 — «магнезиосаданагаит» из корундсодержащего амфиболита, подножие северного склона Савелькульской сопки, Ильменогорский комплекс (Южный Урал) (Поляков, Баженов, 1998); 13 — «гастингсит» из фирсита, шурф 10480, разрез Широкий лог — оз. Сунукуль, Восточное миаскитовое тело, Ильменогорский комплекс (Южный Урал) (Левин, 1974: табл. 28, ан. № 25); 14 — «гастингсит» из фирсита, обн. 08449³, скальное обнажение борта р. Демидовка, восточный экзоконтакт Ильменского миаскитового тела, Ильменогорский комплекс (Южный Урал) (Левин, 1974: табл. 28, ан. № 27); 15 — «гастингсит» из миаскита, обн. 08449^{*}, скальное обнажение борта р. Демидовка, восточный экзоконтакт Ильменского миаскитового тела, Ильменогорский комплекс (Южный Урал) (Левин, 1974: табл. 28, ан. № 36). Определение составов: № 1–10 — методы электронной микроскопии; № 11–15 — стандартный силикатный анализ («мокрая» химия).

8. $(\text{Na}_{.69}\text{K}_{.26})_{.95}(\text{Ca}_{1.93}\text{Na}_{0.7})_{2.0}(\text{Mg}_{2.85}\text{Fe}_{.35}^{2+})_{3.40}(\text{Al}_{.95}\text{Fe}_{.36}^{3+}\text{Ti}_{.09})_{1.60}(\text{Si}_{5.46}\text{Al}_{2.54})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
9. $(\text{Na}_{.90}\text{Ca}_{1.97}\text{Na}_{.03})_{2.0}\text{Mg}_{3.29}(\text{Al}_{1.05}\text{Fe}_{.81}^{3+}\text{Ti}_{.05})_{1.71}(\text{Si}_{5.34}\text{Al}_{2.66})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
10. $(\text{K}_{.63}\text{Na}_{.20})_{.83}(\text{Ca}_{1.88}\text{Na}_{.12})_{2.0}(\text{Fe}_{2.71}^{2+}\text{Mg}_{.51}\text{Mn}_{.02})_{2.72}(\text{Al}_{1.27}\text{Fe}_{.33}^{3+}\text{Ti}_{.48})_{2.28}(\text{Si}_{4.52}\text{Al}_{3.48})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
11. $(\text{Na}_{.54}\text{K}_{.46})_{1.0}(\text{Ca}_{1.89}\text{Na}_{.11})_{2.0}(\text{Fe}_{2.71}^{2+}\text{Mg}_{.77}\text{Mn}_{.21})_{3.08}(\text{Fe}_{1.13}^{3+}\text{Al}_{.69}\text{Ti}_{.18})_{2.0}(\text{Si}_{5.42}\text{Al}_{2.58})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{O})_2$
12. $(\text{Na}_{.39}\text{K}_{.23})_{.72}(\text{Ca}_{1.92}\text{Na}_{.08})_{2.0}(\text{Mg}_{2.28}\text{Fe}_{1.71}^{2+}\text{Mn}_{.04})_{3.43}(\text{Al}_{1.15}\text{Fe}_{.33}^{3+}\text{Ti}_{.12})_{1.70}(\text{Si}_{5.38}\text{Al}_{2.62})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH}_{1.90}\text{F}_{.10})_{2.0}$
13. $(\text{Na}_{.85}\text{K}_{.45})_{1.30}(\text{Ca}_{1.71}\text{Na}_{.29})_{2.0}(\text{Fe}_{1.81}^{2+}\text{Mg}_{1.43}\text{Mn}_{.06})_{3.30}(\text{Fe}_{.39}^{3+}\text{Al}_{.55}\text{Ti}_{.16})_{1.70}(\text{Si}_{5.46}\text{Al}_{2.54})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH}_{1.21}\text{F}_{.46}\text{O}_{.33})$
14. $(\text{Na}_{.51}\text{K}_{.45})_{.96}(\text{Ca}_{1.86}\text{Na}_{.14})_{2.0}(\text{Fe}_{2.74}^{2+}\text{Mg}_{.76}\text{Mn}_{.01})_{3.01}(\text{Fe}_{1.18}^{3+}\text{Al}_{.64}\text{Ti}_{.18})_{2.0}(\text{Si}_{5.39}\text{Al}_{2.61})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH},\text{O})_2$
15. $(\text{K}_{.57}\text{Na}_{.43})_{1.0}(\text{Ca}_{1.77}\text{Na}_{.32})_{2.09}(\text{Fe}_{2.56}^{2+}\text{Mg}_{.88}\text{Mn}_{.18})_{3.42}(\text{Fe}_{.76}^{3+}\text{Al}_{.65}\text{Ti}_{.18})_{1.53}(\text{Si}_{5.44}\text{Al}_{2.54})_{8.0}\text{O}_{22}(\text{OH}_{1.76}\text{F}_{.32})_{2.08}$

Примечание. 1. При разворачивании формул использованы данные пересчета анализов из соответствующих работ: 1—11 — на 23 атома О, 12 — на 24 атома О (после пересчета на 13 катионов формулы принципиально не меняются). Анализы 13—15 пересчитаны на 13 катионов. Номера формул соответствуют номерам анализов в таблице. 2. При пересчете цифр анализов 11 и 14 баланс катионов в позиции С приводился к виду, дискретизируемому до L_3M_2 , путем перевода части Fe из позиции L в позицию M с учетом суммарного заряда катионов +46 (требование электронейтральности). 3. Превышение суммарного заряда катионов в этих формулах компенсировано введением аниона O^{2-} в позицию D, его количество не превышает 1 ф. е., т. е. OH^- преобладает (это стандартная процедура, используемая при пересчете анализов амфиболов).

Анализ кристаллохимических формул показывает, что все саданагаиты из Японии и Ольхона относятся к калиевым аналогам, а из Альп и Ильменских гор — к нормативным, а именно:

- «саданагаиты» Японии (Shimazaki e. a., 1984) — все соответствуют калийалюминосаданагаиту (№ 1—3, 5 формул и анализов в табл. 2);
 - «магнезиосаданагаиты» Японии (Shimazaki e. a., 1984) — двум конечным членам: калийалюминомагнезиосаданагаиту (№ 4) и калиймагнезиосаданагаиту (№ 6);
 - «магнезиосаданагаиты» из Альп (Mogessie e. a., 1986) — алюминомагнезиосаданагаиту (№ 7—9);
 - «ферросаданагаит» из Приольхонья (Минералы, 1996) — калийалюминосаданагаиту (№ 10);
 - «саданагаит» из Ильмен (Баженов и др., 1988) — саданагаиту (№ 11);
 - «магнезиосаданагаит» из Ильмен (Поляков, Баженов, 1998) — алюминомагнезиосаданагаиту (№ 12).
- Необходимо отметить, что в 1986 году под «неназванной фазой» был описан амфибол с о. Сардиния (Domepghetti M. C. e. a., 1986), отвечающий по составу алюминомагнезиосаданагаиту.

Ревизия данных по составам амфиболов Ильменских гор выявила еще три анализа, отнесенных в свое время автором к гастингситу (Левин, 1974: табл. 28, № 25, 27, 36), но по IMA97 соответствующих серии саданагаита (табл. 2, № 13—15). Как видно из рассмотрения кристаллохимических формул, два из амфиболов являлись саданагаитами, т. е. нормативными (№ 13 и 14), а один — калийсаданагаитом, т. е. калиевым аналогом саданагаита (№ 15). Отметим, что минерал с соотношением катионов в формуле, аналогичным анализу 15 (Левин, 1974), был недавно утвержден ММА под не совсем верным названием калийферрисаданагаит (Баженов и др., 1999).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. В результате номенклатурного анализа известных амфиболов серии саданагаита выявлено следующее: в настоящее время в природе известны шесть конечных членов серии саданагаита; нормативные амфиболы серии саданагаита представлены только двумя конечными членами из четырех: алюминомагнезиосаданагаитом (Альпы — № 7—9 в табл. № 2; Ильмены — № 12) и саданагаитом (Ильмены — № 11, 13, 14); два других конечных члена (алюминосаданагаит и магнезиосаданагаит) не установлены; калиевые аналоги нормативных амфиболов серии саданагаита представлены четырьмя конечными членами: калийалюминомагнезиосаданагаитом (Япония — № 4), калийалюминосаданагаитом (Япония — № 1—3, 5; Приольхонье — № 10), калиймагнезиосаданагаитом (Япония — № 6), калийсаданагаитом (Ильмены — № 15).

2. Ильменские саданагаиты представлены тремя конечными членами из шести известных: два — нормативные, один — калиевый аналог. Причем два из них известны только в Ильменах — саданагаит и калийсаданагаит.

3. В статье «Саданагаит» (Минералы, 1996) приводятся два анализа «ферросаданагаита» (№ 6 и 7, стр. 352), характеризующиеся содержанием $\text{Si} < 4.5$ ф. е. Т. е. баланс катионов позиции Т в них дискретизируется до вида Si_4Al_4 . IMA97 не рассматривает такой баланс катионов позиции Т. Однако в матричной модели номенклатуры амфиболов (Никандров и др., 1999) такой баланс катионов предусмотрен, но он находится за пределами поля известных амфиболов. По-видимому, эти два анализа открывают серию новых амфиболов, расширяя тем самым поле природных амфиболов. Идеализированная формула этих новых амфиболов имеет вид: $\text{R}^{1+}\text{R}_2^{2+}(\text{L}_2\text{M}_3)(\text{Si}_4\text{Al}_4)\text{O}_{22}(\text{D}^-)_2$.

Амфиболы серии саданагаита в Ильменогорском щелочном комплексе установлены в следующих геологических условиях:

- алюминомагнезиосаданагаит — в амфиболитах по ксенолиту основной изверженной породы, в ассоциации с корундом и шпинелью: условия, близкие к Восточным Альпам (Mogessie e. a., 1986);
- саданагаит — основной породообразующий амфибол фирситов (вместе с ферропаргаситом). Фирсит — гранатсодержащий (гроссуляр) амфиболовый сиенит, с нефелином и без него. Располагается вдоль контакта миаскитового массива с вмещающими толщами. Рассматривается как щелочной метаморфизованный сиенит (?);

— калийсаданагаит — отмечен в амфиболовом миаските близ контакта его с фирситом.

Для миаскитов характерны амфиболы: гастингсит, ферритарамит, калийсаданагаит в зоне контакта с фирситом, а также калийферритарамит в жильных телах. Саданагаит и ферропаргасит являются породообразующими минералами фирситов. Различие составов амфиболов миаскитов и фирситов может свидетельствовать о различии P — T условий образования этих пород при формировании миаскитового комплекса, что соответственно определяет фазовые переходы составов амфиболов.

Список литературы

- Баженов А. Г., Баженова Л. Ф., Поляков В. О. Саданагаит из щелочного комплекса Ильменских гор // ЗВМО. 1988. Вып. 1. С. 74—78.
- Баженов А. Г., Баженова Л. Ф., Кринова Т. В., Хворов П. В. Калийферрисаданагаит $(K,Na)Ca_2(Fe^{2+},Mg)_3(Fe^{3+},Al)_2[Si_5Al_3O_{22}(OH)_2]$ — новый минеральный вид в группе амфиболов (Ильменские горы, Урал) // ЗВМО. 1999. № 4. С. 50—55.
- Левин В. Я. Щелочная провинция Ильменских—Вишневых гор (формация нефелиновых сиенитов Урала). М.: Наука, 1974. 223 с.
- Лик Б. Е. и др. Номенклатура амфиболов: доклад подкомитета по амфиболам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной Минералогической Ассоциации (КНМНМ ММА) // ЗВМО. 1997. № 6. С. 82—102.
- Никандров С. Н., Вализер П. М., Кобяшев Ю. С. Матричная модель номенклатуры амфиболов // Изв. Челябин. науч. центра. 1999. Вып. 1. С. 40—47.
- Саданагаит. Минералы: Справочник. Т. IV, вып. 3. М.: Наука, 1996. С. 351—353.
- Поляков В. О., Баженов А. Г. Первая находка магнезиосаданагаита в России // Урал. минер. сб. № 8. Миасс: Имин УрО РАН, 1998. С. 249—251.
- Domeneghetti M. C., Oberti R., Ungaretti Ghezzi C., Memmi I., Ricci C. Chemical variations in the amphiboles of an equilibrated amphibolite from north-eastern Sardinia (Italy): crystalchemical and petrological implications // «14th Gen. Meet. Int. Miner. Assoc., Stanford, Calif., 13—18 July, 1986. Abstr. Program.» Washington, D., C., 1986. P. 92.
- Leake B. E. et al. Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names // Canad. Miner. 1997. Vol. 35. N 1. P. 219—246.
- Mogessie A., Purtscheller F., Tessardi R. High alumina calcic amphiboles (aluminopargasite-magnesiosadanagaite) from metabasites and metacarbonates of Central Oetztal, Eastern Alps (Northern Tyrol, Austria) // Neues Jahrb. Miner. Abh. 1986. Bd 154. N 1. S. 21—39.
- Shimazaki H., Bunno M., Ozawa T. Sadanagaite and magnesio-sadanagaite, new silica-poor members of calcic amphibole from Japan // Amer. Miner. 1984. Vol. 69. N 5—6. P. 465—471.

Поступила в редакцию
14 сентября 1999 г.

УДК 549.754

ЗВМО, № 1, 2001 г.
Proc. RMS, N 1, 2001

© Д. члены В. И. СИЛАЕВ, В. Н. ФИЛИПОВ, М. Ю. СОКЕРИН

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ ВУДХАУЗЕИТ—СВАНБЕРГИТ—ФЛОРЕНСИТ ВО ВТОРИЧНЫХ КВАРЦИТАХ

V. I. SILAEV, V. N. FILIPPOV, M. Yu. SOKERIN. SOLID SOLUTIONS
OF WOODHOUSEITE—SVANBERGITE—FLORENCITE IN SECONDARY QUARTZITES

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, Первомайская, 54,
E-mail: Sokerin@geo.komisc.ru

Aluminium sulphate-phosphates association of variable composition has been found, reflecting a nearly continuous transition from florencites to REE-bearing woodhouseite-svanbergites (harttites) and further to Sr woodhouseite. The studied minerals occur as homogeneous ordered solid solutions, which composition varies depending on heterovalent combinatory isomorphism according to the following scheme: $(Ca, Sr, Ba)^{2+}[SO_4]^{2-} \leftrightarrow REE^{3+}[PO_4]^{3-}$.

В настоящее время известно множество природных арсенат-сульфат-фосфатных соединений, общую формулу которых можно представить как $RA_3X_2(OH)_6$, где R — Ca, Sr, Ba, Pb, Bi, REE, K, Na, NH₄, H₃O; A — Al, Fe³⁺, Fe²⁺, X — комплексные анионы $[PO_4]^{3-}$, $[HPO_4]^{2-}$, $[SO_4]^{2-}$, $[SiO_4]^{4-}$, $[AsO_4]^{3-}$. Центральное