

ЮГАВАРАЛИТ ИЗ ОБНАЖЕНИЯ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА АПАТИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОШУРКОВСКОЕ, БУРЯТИЯ, РОССИЯ

С.Н. Ненашева, Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, РАН, Москва, nenashevasn@mail.ru, pla58@mail.ru

При исследовании минерализации из обнажения им. А.Е. Ферсмана апатитового месторождения Ошурковское (Бурятия) установлены кальциевые цеолиты: югаваралит $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, стеллерит $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}]_4 \cdot 28\text{H}_2\text{O}$, ломонтит $\text{Ca}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, гейландит-Са $\text{Ca}(\text{Ca}, \text{Na})_{2,3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, стильбит $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_9[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$. Югаваралит обнаружен в России впервые. Минералы встречены в цеолитовых прожилках, секущих монцодиорит, и на поверхности его обломков в ассоциации с авгитом, пижонитом, минералами ряда диопсид-геденбергит, феррозденитом, гранатами ряда альмандин-спессартин.

В статье 4 таблицы, 6 рисунков, список литературы из 20 названий.

Ключевые слова: месторождение Ошурковское, обнажение им. А.Е. Ферсмана, югаваралит, ломонтит, стеллерит, гейландит-Са, пижонит, геденбергит.

Ошурковский апатитоносный массив, расположенный в районе падей Ошуркова и Уточкина, на левом берегу р. Селенга в 10 км к северо-западу от г. Улан-Удэ (рис. 1), занимает площадь 14 км². К Ошурковскому массиву приурочено одноименное апатитовое месторождение. Обнажение им. А.Е. Ферсмана (рис. 2) расположено в Уточкиной пади (Кислов, 2011). В 1915 г. А.Е. Ферсман изучал здесь гранитные пегматиты со скаполитом и цеолитами.

Вмещающие месторождение породы — сильно сдавленные гранито-гнейсы, местами переходящие в амфиболиты. Породы массива пересечены многочисленными дайками и жилами микродиоритов, лампрофиров, карбонатитов, гранитных пегматитов и аплитов, а также кварцевыми и цеолитовыми жилами. Общий характер жил различен и зависит от боковых пород. Преимущественно это контактные пегматиты с роговой обманкой, титанитом, альбитом в контактных зонах. В других жилах наблюдается постепенное изменение минерализации при внедрении в амфиболит. Полевой шпат замещается скаполитом и роговой обманкой, затем скаполит замещается цеолитами (гейландит, стильбит), то есть от контактного пегматита наблюдается переход к мигматитам (Гаврусевич, Семенов, 1935; Ферсман, 1940).

Более поздние исследования (Занвилевич и др., 1999; Семенов, 2010; Ласточкин и др., 2011) показали, что массив сложен породами, содержащими 41 — 53% SiO₂ и по минеральному составу отвечающими монцонитам и монцодиоритам. Среди пород массива встречаются также щелочно-полевошпатовые сиениты, образующие несколько небольших тел неправильной формы.

Для монцонитов и монцодиоритов характерен следующий минеральный парагнезис: богатый Ti паргасит, авгит, биотит, олигоклаз, калинатровый полевой шпат, апатит, ильменит, титаномагнетит, титанит.

Сиениты сложены крупными зернами щелочных полевых шпатов, апатитом, титанитом, ильменитом, титаномагнетитом. В меньшем количестве в них встречаются зерна альбита-олигоклаза, в интерстициях — зерна чистого альбита и ортоклаза, кварц либо отсутствует, либо его количество не превышает 10%. Амфиболы в сиенитах представлены зденитом, а клинопироксены — железистым диопсидом — салитом.

Минеральный состав дайковых и жильных образований более разнообразный.

Карбонатитовые жилы установлены в левом борту Уточкиной пади (обнажение им. А.Е. Ферсмана). Их мощность варьирует от 2 — 3 до 60 см, в среднем 30 см. Главный минерал карбонатитов — молочно-белый кальцит (80 — 95%), кроме него встречаются барит, флогопит, магнетит, титанит, алланит. Во вмещающих породах наблюдаются цеолитизация и окварцевание.

Гранитные пегматиты сложены в основном кварцем (20 — 30%), калиевым полевым шпатом (40 — 50%), альбитом (10 — 30%). Второстепенные минералы: биотит, берилл, мусковит, алланит, циркон, титанит, апатит, спессартин, пироксенол, магнетит, колумбит, ильменит, рутил, флюорит, уранинит.

Главными породообразующими минералами габбро-пегматитов являются пироксены и полевые шпаты. Пироксен представлен салитом. Среди других минералов габбро-пегматитов отмечены: апатит с повышенным содержанием Sr, титанит, эпидот (при-

сутствует как вторичный минерал), роговая обманка, скаполит, магнетит, биотит. На востоке интрузив перекрыт аллювиальными отложениями.

Ошурковское апатитовое месторождение многократно изучалось (Гаврусевич, Семенов, 1935; Ферсман, 1940; Кузнецова и др., 1995; Занвилевич и др., 1999; Семенов, 2010; Ласточкин и др., 2011), но основное внимание уделялось порообразующим минералам. Минеральный состав цеолитовых жил подробно не описан. Согласно устному сообщению Е.В. Кислова, цеолитовые жилы представлены натролитом, стильбитом и гейландитом.

Итак, на Ошурковском месторождении были до настоящего времени известны следующие минералы: авгит (вплоть до Na-авгита), алланит, апатит с повышенным содержанием Sr, обогащенный Ti биотит, ильменит, кальцит, магнетит, мусковит, ортоклаз, пироксенол, плагиоклазы, скаполит, титанит, титаномагнетит, уранинит, циркон; из цеолитов — гейландит, натролит, стильбит. Несмотря на значительные запасы апатита, месторождение никогда не разрабатывалось по соображениям экологической безопасности, поскольку оно находится в районе впадения реки Селенга в озеро Байкал.

Образцы из обнажения им. А.Е. Ферсмана (Уточкина падь) Ошурковского апатитового месторождения собраны в 2011 г. во время полевой экскурсии, организованной для участников Второй Всероссийской научно-практической конференции «Минералогия Северо-Восточной Азии», состоявшейся в Улан-Удэ. При их изучении обращалось особое внимание на цеолиты, менее подроб-

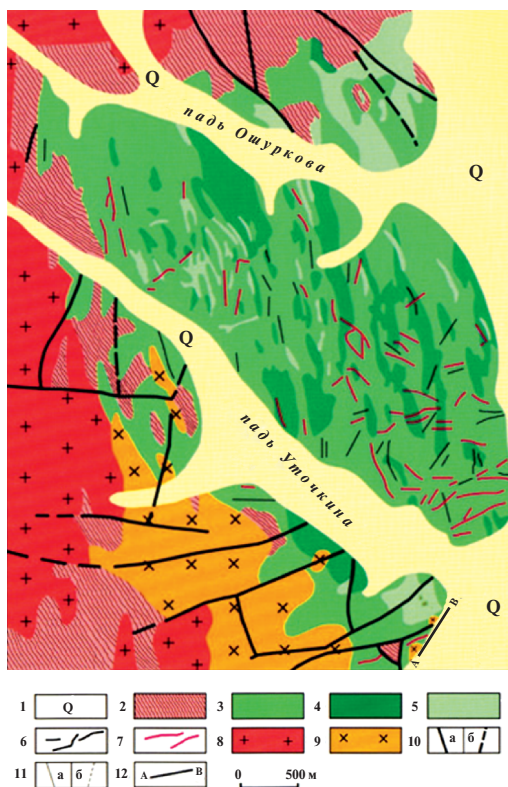


Рис. 1. Схема геологического строения Ошурковского массива (Кислов, 2011).

1 — четвертичные отложения; 2 — гнейсы и кристаллические сланцы; 3 — щелочные меламонциты; 4 — щелочные монцодиориты; 5 — щелочные монциты; 6 — дайки мелкозернистых монцодиоритов, монцитов, лампрофиров и сиенитов; 7 — гранитные пегматиты; 8 — гнейсо-граниты; 9 — щелочно-полевошпатовые сиениты; 10 — главные разломы; 11 — границы: а — четкие, б — нечеткие; 12 — обнажение им. А.Е. Ферсмана.

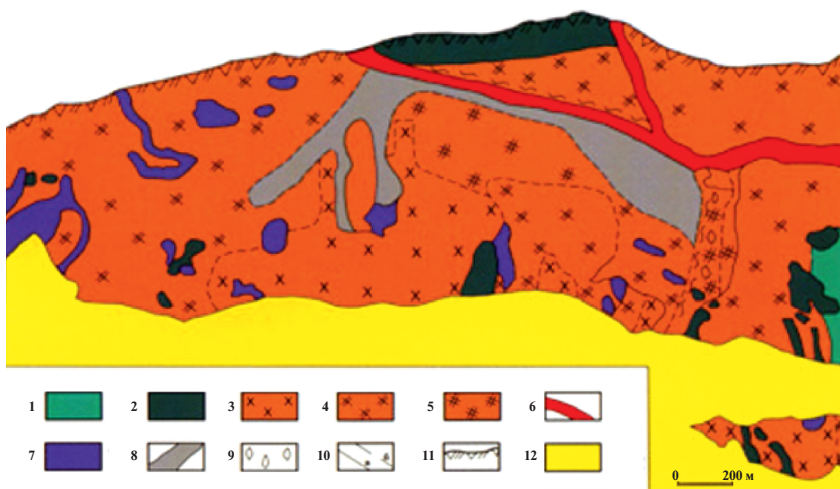


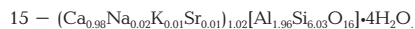
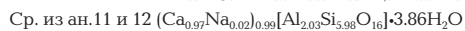
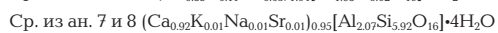
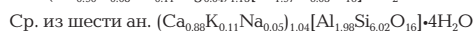
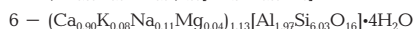
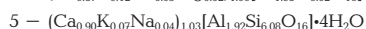
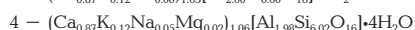
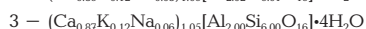
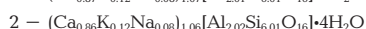
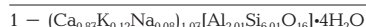
Рис. 2. Фрагмент зарисовки обнажения им. А.Е. Ферсмана (Кислов, 2011). Длина обнажения 200 м.

1 — монциты; 2 — дайки лампрофиров; 3 — монциты среднезернистые; 4 — монциты крупнозернистые; 5 — габбро-пегматиты; 6 — гранитные пегматиты; 7 — прожилково-вкрапленные цеолиты; 8 — карбонаты; 9 — крупнозернистый апатит; 10 — контакты: а — четкие, б — постепенные; 11 — почвенно-растительный слой; 12 — осыпь.

Таблица 1. Химический состав (мас.%) югаваралита из обнажения им. А.Е. Ферсмана (ан. 1–6) и зарубежных местонахождений (ан. 7–15)

№ ан.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	59.96	58.82	59.63	59.16	59.04	57.59	61.44	61.47	57.94	58.44	59.58	61.14	61.81	61.74	62.30
Al ₂ O ₃	17.02	16.78	16.83	16.52	15.81	15.92	17.43	17.38	17.65	17.31	18.54	17.65	16.85	16.67	17.24
CaO	8.10	7.88	8.08	7.95	8.17	8.02	8.51	8.51	9.79	9.75	8.96	9.24	9.28	8.29	9.41
MgO				0.13		0.25	< 0.05	< 0.01	0.86	0.42				0.08	
Na ₂ O	0.41	0.38	0.30	0.27	0.22	0.58	0.07	0.06	0.38	0.38	0.19	0.08	0.05	0.11	0.10
K ₂ O	0.95	0.93	0.94	0.91	0.54	0.58	0.06	0.09	0.41	0.12	0.05	0.03		0.17	0.05
SrO							0.21	0.21				0.04			0.01
TiO ₂							< 0.01	< 0.01							
Fe ₂ O ₃							< 0.05	< 0.04	0.35	0.36	0.19	0.05		0.11	
H ₂ O ⁺							9.23	9.33			13.00	9.07			
H ₂ O ⁻							2.84	2.79	10.70	10.55		2.73			
H ₂ O									1.80	2.03			12.01	12.77	
Сумма	85.44	84.79	85.78	84.93	83.78	82.94			99.88	99.34	100.51	100.03	100.00	99.94	89.13
Si/Al	2.99	2.98	3.00	3.03	3.17	3.07									

Формулы, расчет на O = 16 а.ф.

Теор. формула Ca[AlSi₃O₈]₂•4H₂O, Si/Al = 3

Примечание. Югаваралит из обнажения им. А.Е. Ферсмана: ан. 1–3 – обр. 6, уч. 3, А-7; ан. 4 – обр. 6, уч. 1, В-3; ан. 5, 6 – обр. 2, В-5; данные авторов, аналитик Л.А. Паутов; Chena Hot Springs, Alaska, США – ан. 7, 8 (Eberlein, 1971); Yugawara Hot Spring, Япония – ан. 9, 10 (Sakurai, Hayashi, 1952); Nukabira, Hokkaido, Япония – ан. 11, 12 (Konno, Aoki, 1977); Khandivali quarry, Индия – ан. 13 (Anthony et al., 1990); Osilo, Sassari, Sardinia, Италия – ан. 14 (Pongiluppi, 1977); Hvalfjörður, Исландия – ан. 15 (Weisenberger, Selbekk, 2009).

но исследовались амфиболы, пироксены, полевые шпаты и некоторые другие минералы, изученные ранее достаточно подробно (Кузнецова и др., 1995; Занвилевич и др., 1999; Семенов, 2010; Ласточкин и др., 2011).

Методы исследований

Химический состав минералов изучался на электронном микроанализаторе JСХА-733 Superprobe JEOL (система анализа INCA Energy Oxford, энергодисперсионный (Si-Li) детектор с тонким окном АТW-2, U = 20 кВ, I = 2 нА). В качестве эталонов использовались: SiK_α – кварц, AlK_α – альбит, CaK_α – волластонит, MgK_α – MgF₂, NaK_α – жадеит, KK_α – микролин, MnK_α – Mn₂SiO₄, FeK_α – FeO,

TiK_α – TiO₂, BaK_α – BaSO₄, SrL_α – SrF₂. Содержание воды в цеолитах не определялось.

Рентгеновские порошковые диаграммы получались методом Дебая-Шеррера в камере РКД-57.3, на рентгеновском аппарате УРС-50, FeK_α излучение, Mn фильтр.

Результаты исследований

Среди цеолитов на Ошурковском месторождении в обнажении им. Ферсмана обнаружены югаваралит, стеллерит, ломонтит, гейландит-Са, стильбит.

Югаваралит Ca[AlSi₃O₈]₂•4H₂O – редкий высококремниевый цеолит с соотношением кремния к алюминию равным 3 – встречен в России впервые.

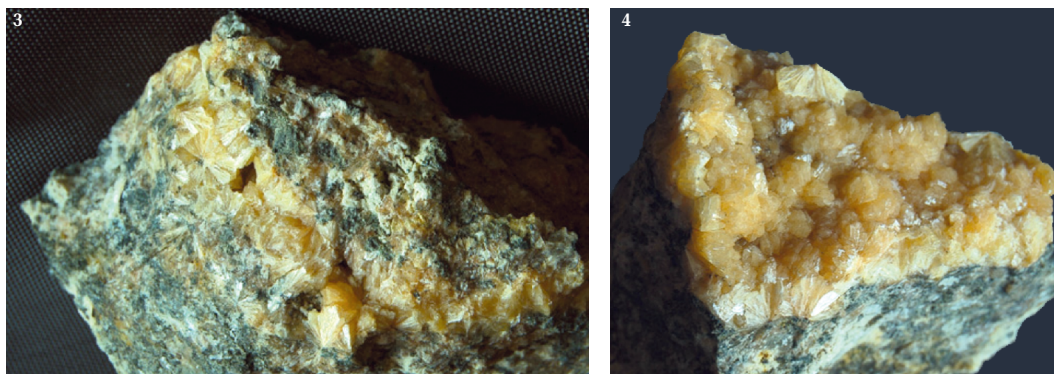


Рис. 3. Цеолитовый прожилок в монцоидорите. Обр. № 5, размер 8 x 6.5 x 3 см. Фото: И.А. Годовиков.

Рис. 4. Корочка цеолитов на поверхности монцоидорита. Обр. № 2, размер 5 x 3.5 x 3 см. Фото: И.А. Годовиков.

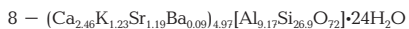
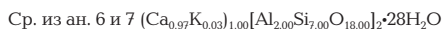
История изучения этого минерала началась в 1952 году. К. Сакураи и А. Хаяши (Sakurai, Hayashi, 1952) описали югаваралит в образцах из Югавара Хот Спринг, префектура Канагава, остров Хонсю, Япония (Yugawara Hot Spring, Kanagawa Prefecture, Honshu) в ассоциации с цеолитами, гиролитом, окенитом, пренитом, кварцем, кальцитом. В 1971 г. югаваралит найден на Аляске, где он встречен в ассоциации с кварцем, ломонтином, стеллеритом и стильбитом в кремненных скенолитах в небольшом плутоне монзонита. Бесцветные кристаллы югаваралита длиной до 8 мм, обычно присыпанные белым порошковатым ломонтином, инкрустируют кварц в интерстициях (Eberlein *et al.*, 1971). В 1977 г. югаваралит обнаружен в Италии (Osilo, возле Сассари, Сардиния) в измененном серо-зеленом андезите в ассоциации с ломонтином, гейландитом, стильбитом, шабазитом, морденитом, баритом, кальцитом, анкеритом и кварцем (Pongiluppi, 1977). Кристаллы югаваралита из Исландии в виде пластинок длиной 0.3–0.6 см, иногда до 1 см, встречаются в сильно измененных андезитах совместно с кальцитом, кварцем гейландитом, стильбитом и стеллеритом (Weisenberger, Selbekk, 2009). Были сообщения о находках югаваралита в США в штатах Вашингтон и Вайоминг, Новой Зеландии, Аргентине, Индии (Wise, 1978; Varga *et al.*, 1981; Railton, Watters, 1990; Tschernich, 1992; Leal *et al.*, 2011). Микронзондовые анализы югаваралита из отмеченных выше месторождений представлены в таблице 1 (ан. 7–15).

В обнажении им. А.Е. Ферсмана месторождения Ошурковское югаваралит найден в цеолитовых прожилках, секущих монцоидорит, в ассоциации с ломонтином, стеллеритом, гейландитом, стильбитом (рис. 3), и в виде сферо-

Таблица 2. Микронзондовые анализы (мас.%) цеолитов: ломонтинта ан. 1–5, стеллерита – ан. 6, 7, гейландита – Ca (ан. 8), из обнажения им. А.Е. Ферсмана Ошурковского апатитового месторождения

№ ан.	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	52.64	52.86	52.91	52.57	53.02	62.96	59.99	57.76
Al ₂ O ₃	21.29	21.54	21.32	21.96	21.27	15.64	14.17	16.71
CaO	11.21	11.15	11.10	11.16	10.81	8.18	7.73	4.89
Na ₂ O				0.18				
K ₂ O	0.97	0.81	0.55	0.61	1.15	0.23	0.24	2.08
SrO								4.31
BaO								0.49
Сумма	86.11	86.36	85.88	86.48	86.26	87.01	82.13	86.26
Si/Al	2.10	2.09	2.11	2.04	2.12	3.42	3.59	2.94

Формулы, расчет на O = 6 а.ф.



Теоретические формулы: ломонтиит – $\text{Ca}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,

Si/Al = 2; стеллерит – $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$, Si/Al = 3.5;

гейландит-Ca – $\text{Ca}_2(\text{CaNa})_{4-6}\text{Al}_6(\text{AlSi})_4\text{Si}_{26}\text{O}_{72} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Примечание. Все анализы из разных зерен и разных участков образца № 6. Аналитик Л.А. Паутов.

Таблица 3. Микронзондовые анализы (мас.%) пироксенов (ан. 1, 2 – авгит, ан. 3, 4 – пижонит, ан. 5–10 – диопсид-геденбергиты), амфиболов (ан. 11, 12 – ферроэдентит), полевого шпата (ан. 13 – ортоклаз), титанита (ан. 14) и ильменита (ан. 15) из обнажения им. А.Е. Ферсмана Ошурковского апатитового месторождения

№ ан.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	52.37	52.84	52.29	53.19	52.56	51.52	52.65	51.72	53.19	52.12	41.99	41.33	63.53	29.8	
Al ₂ O ₃	1.58	1.59	2.53	2.44	1.84	2.85	1.80	2.69	1.17	1.85	8.93	9.13	19.51	1.07	
CaO	20.15	20.55	11.89	11.92	20.61	21.18	21.58	20.86	21.05	20.14	9.49	9.61		26.32	0.67
MgO	11.30	11.16	15.41	15.15	12.14	11.85	11.76	11.74	11.59	10.91	6.39	5.81			
Na ₂ O	1.81	1.83	0.87	0.63	1.41	1.57	1.36	1.34	1.54	1.59	2.36	2.13	1.81		
K ₂ O			0.20	0.18							1.52	1.46	13.17		
BaO													1.77		
MnO	0.44	0.03		0.30	0.25		0.52		0.43	0.17	5.86	6.22			1.64
TiO ₂	0.29	0.43	0.32		0.52	0.57		0.60		0.41	0.62	0.49		36.43	45.93
FeO	12.47	11.84	13.26	13.74	10.87	11.07	10.10	10.74	10.87	11.38	21.04	21.01		1.58	48.29
Ce															0.97
Сумма	100.41	100.54	96.77	97.55	100.2	100.61	99.77	99.69	99.84	98.57	98.2	97.19	101.13	96.17	96.52

Формулы, расчет на: O = 6 а.ф. (ан. 1–10), O = 24 а.ф. (ан. 11, 12), O = 8 а.ф. (ан. 13), O = 5 а.ф. (ан. 14), O = 3 а.ф. (ан. 15)

- 1 – (Ca_{0.81}Na_{0.13})_{0.94}(Mg_{0.64}Fe_{0.39}Ti_{0.01}³⁺)_{1.04}[Al_{0.07}Si_{1.98}]_{2.05}O₆
- 2 – (Ca_{0.83}Na_{0.13})_{0.96}(Mg_{0.62}Fe_{0.37}Ti_{0.01}³⁺)_{1.00}[Al_{0.07}Si_{1.98}]_{2.05}O₆
- 3 – (Ca_{0.49}Fe_{0.42}Na_{0.06}K_{0.01})_{0.98}(Mg_{0.88}Al_{0.11}Ti_{0.01})_{1.00}[Si_{1.99}O₆]
- 4 – (Ca_{0.48}Fe_{0.40}Na_{0.05}K_{0.01})_{0.94}(Mg_{0.85}Al_{0.11}Fe_{0.03}Mn_{0.01}Ti_{0.01})_{1.01}[Si_{2.01}O₆]
- 5 – (Ca_{0.83}Na_{0.10})_{0.93}(Mg_{0.68}Fe_{0.34}Ti_{0.01}Mn_{0.01})_{1.04}[(Al_{0.08}Si_{1.97})_{2.05}O₆]
- 6 – (Ca_{0.85}Na_{0.11})_{0.96}(Mg_{0.66}Fe_{0.35}Ti_{0.02})_{1.03}[(Al_{0.13}Si_{1.93})_{2.06}O₆]
- 7 – (Ca_{0.87}Na_{0.10})_{0.97}(Mg_{0.66}Fe_{0.32}Mn_{0.02})_{1.00}[(Al_{0.06}Si_{1.98})_{2.06}O₆]
- 8 – (Ca_{0.84}Na_{0.10})_{0.94}(Mg_{0.66}Fe_{0.34}Ti_{0.02})_{1.02}[(Al_{0.12}Si_{1.93})_{2.07}O₆]
- 9 – (Ca_{0.85}Na_{0.11})_{0.96}(Mg_{0.65}Fe_{0.34}Mn_{0.01})_{1.00}[(Al_{0.05}Si_{2.0})_{2.05}O₆]
- 10 – (Ca_{0.82}Na_{0.12})_{0.94}(Mg_{0.62}Fe_{0.36}Mn_{0.01}Ti_{0.01})_{1.00}[(Al_{0.08}Si_{1.98})_{2.07}O₆]
- 11 – Na_{0.75}(Ca_{1.67}K_{0.32})_{1.99}Mn_{0.81}²⁺(Fe_{2.89}Mg_{1.56}Al_{0.61}Ti_{0.08})_{5.14}(OH)₂[(Al_{0.56}Si_{3.44})_{4.00}O₁₁]₂
- 12 – Na_{0.69}(Ca_{1.71}K_{0.31})_{2.02}Mn_{0.88}²⁺(Fe_{2.92}Mg_{1.44}Al_{0.67}Ti_{0.08})_{5.09}(OH)₂[(Al_{0.56}Si_{3.44})_{4.00}O₁₁]₂
- 13 – (K_{0.77}Na_{0.16}Ba_{0.03}Sr_{0.03}Ni_{0.02})_{1.01}[Al_{1.06}Si_{2.93}O₆]
- 14 – Ca_{0.96}(Ti_{0.93}Fe_{0.04}Ce_{0.01})_{0.98}O[(Si_{1.01}Al_{0.04})_{1.05}O_{3.98}]
- 15 – Fe_{1.08}Ti_{0.93}Ca_{0.02}Mn_{0.03}O₃

Теор. формулы: авгит (Ca,Na)(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)₂O₆], диопсид CaMg[Si₂O₆], геденбергит CaFe[Si₂O₆], пижонит

(Mg,Fe,Ca)(Mg,Fe)[Si₂O₆], ферроэдентит NaCa₂(Fe²⁺,Mg)₅(OH)₂[Al_{0.5}Si_{3.5}O₁₁]₂, титанит CaTiO[SiO₄], ильменит FeTiO₃.

Примечание. В ан. 13 NiO 0.39 мас. %, SrO 0.97 мас. % (Ni 0.02 а.ф., Sr 0.03 а.ф.). Ан. 1–3 – обр. 5, А-10; ан. 4 – обр. 5, А-9; ан. 5 – обр. 6, уч. 3, А-3; ан. 6–8 – обр. 6, уч. 3, А-4; ан. 9, 10 – обр. 5, А-9; ан. 11, 12 – обр. 6, уч. 1; ан. 13 – обр. 6, уч. 4; ан. 14 – обр. 6, уч. 3; ан. 15 – обр. 5, А-10. Аналитик Л.А. Паутов.

литовых корок на поверхности обломков монцодиорита (рис. 4).

Цвет цеолитовых прожилков и корочек светло-бежевый, за счет преобладающего в их составе стильбита. Югаваралит бесцветный в тонких пластинках размером от ~ 70 × 30 до 800 × 100 мкм. Микрорентгено-спектральные анализы трёх зерен югаваралита из двух разных образцов представлены в таблице 1 (ан. 1–6). Как видно из таблицы 1, состав минерала достаточно постоянен и близок к теоретической формуле Ca[AlSi₃O₈]₂•4H₂O. На рисунке 5 показана ассоциация югаваралита (табл. 1, ан. 4) с

гейландитом-Са (табл. 2, ан. 8) и ортоклазом (табл. 3, ан. 13).

Рентгенограммы югаваралита из обнажения А.Е. Ферсмана, его синтетического аналога, а также рентгенограммы этого минерала из других месторождений приведены в таблице 4.

Ломонтит Ca[AlSi₂O₆]₂•4H₂O в виде хрупких бесцветных игольчатых кристаллов обнаружен в ассоциации с югаваралитом, а также в мономинеральных корочках бесцветных радиально-лучистых агрегатов размером от 3 мм до 1.5 см в диаметре. Химический состав ломонтита (табл. 2, ан. 1–5) постоянен, его

Таблица 4. Окончание.

		Югаваралит					Ломонтит				Стеллерит								
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$	<i>I</i>	$d_w, \text{Å}$
2	2.16	5	2.153	5	2.151	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	5	1.138	5	2.137	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10	2.106	5	2.105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	2.09	25	2.092	10	2.091	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	2.02	10	2.018	5	2.017	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	15	2.005	10	2.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.995	10	1.997	15	1.977	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.944	—	—	10	1.953	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	20	1.934	10	1.932	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.904	25	1.900	5	1.907	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.881	5	1.883	10	1.899	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	5	1.874	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.782	5	1.788	5	1.787	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.745	5	1.753	5	1.752	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.731	20	1.735	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.718	—	—	15	1.722	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10	1.696	10	1.698	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1.684	5	1.681	5	1.681	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.644	5	1.649	5	1.648	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.598	5	1.613	5	1.615	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.562	5	1.564	5	1.567	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.538	15	1.538	10	1.540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.528	10	1.528	5	1.524	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	15	1.510	10	1.512	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	5	1.496	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.473	15	1.468	10	1.470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.448	10	1.453	5	1.455	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Югаваралит: 1 — из обнажения им. А.Е. Ферсмана, аналитик Л.А. Паутов; 2 — синтетический (Barrett, Marshall, 1965); 3 — Nikabira, Япония (Копло, 1977); 4 — Yugawara Hot Spring, Япония (Eberlein, 1971); 5 — Hot Spring, Alaska, США (Eberlein, 1971). Ломонтит: 6 — из обнажения им. А.Е. Ферсмана, аналитик Л.А. Паутов; 7 — (Мухеев, 1957, № 704). Стеллерит: 8 — из обнажения им. А.Е. Ферсмана, аналитик Л.А. Паутов; 9 — Villanova, Monteleone, Сардиния, Италия (ASTM 25-124), химический состав этого стеллерита (мас. %): SiO₂ 59.15, Al₂O₃ 14.21, CaO 7.45, H₂O 17.79; кроме того, он содержит «немного» (без указания количества) Fe, Mg, Sr, Mn, Ba, Na и K, которых нет в составе стеллерита из обнажения им. А.Е. Ферсмана.

рентгенограмма (табл. 4) соответствует литературным данным.

Стеллерит Ca₄[Al₂Si₇O₁₈]₄•28H₂O образует мелкие выделения (до 500 × 60 — 70 мкм), формой похожие на зерна югаваралита. Микронзондовые анализы хорошо пересчитываются на формулу стеллерита (табл. 2, ан. 6, 7), рентгенограмма (табл. 4) соответствует рентгенограмме стеллерита из Сардинии.

Гейландит-Са Ca(Ca,Na)₂₋₃Al₃(Al,Si)₂Si₁₃O₃₆•12H₂O встречается в виде бесцветных табличатых кристаллов с совершенной спайностью, размер которых достигает 0.4 × 1 см. Ассоциация гейландита-Са (табл. 2, ан. 8) с югаваралитом (табл. 1, ан. 4) и ортоклазом (табл. 3, ан. 13) показана на рисунке 5.

Стильбит (Na,K,Ca)₉[Al₉Si₂₇O₇₂]•28H₂O, преобладающий в составе цеолитовых прожилков и корочек, образует агрегаты параллельно-пластинчатого строения с округлыми формами расщепления с поверхности. Длина пластинок до 1.5 см. Цвет светло-бежевый.

Гранат — член ряда твердых растворов альмандин Fe₃²⁺Al₂[SiO₄]₃ — спессартин Mn₃²⁺Al₂[SiO₄]₃, выделяется в виде полупрозрачных ярко-красных округлых зерен размером до 2 мм, на которых иногда видны отдельные грани. Микронзондовый анализ (мас.%): MgO 0.42, Al₂O₃ 19.66, SiO₂ 36.34, CaO 2.91, MnO 27.82, FeO 12.42, сумма 99.57, пересчитывается на формулу [(Mn_{0.65}Ca_{0.08}Mg_{0.02}Fe_{0.25})_{1.00}]₃

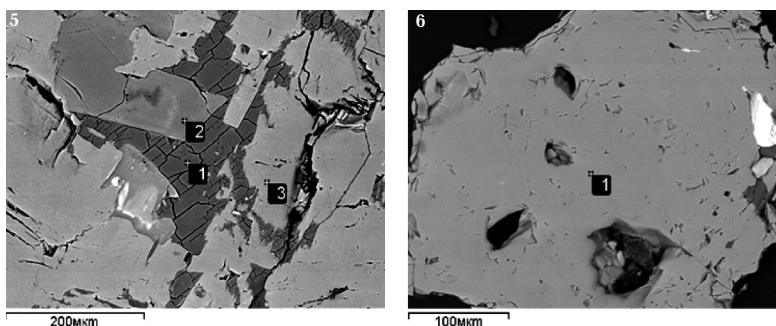


Рис. 5. Югаваралит (табл. 1, точка 1, ан. 4), гейландит-Са (табл. 2, точка 2, ан. 8), ортоклаз (табл. 3, точка 3, ан. 13). Обр. № 6, уч. 1.

Рис. 6. Гранат член ряда альмандин – спессартин (серое) и недиагностированный редкоземельный силикат (ярко-белое выделение размером ~ 50×30 мкм). Обр. № 7, уч. 2.

$[(\text{Fe}_{0.05}\text{Al}_{0.96})_{1.01}]_2[\text{SiO}_4]_3$. Минерал найден в альбите в ассоциации с кварцем, пироксеном. В гранате обнаружено единичное включение (~30 × 50 мкм) с высоким отражением (рис. 6). Его состав рассчитывается на формулу $(\text{Y}_{2.35}\text{Dy}_{0.15}\text{Er}_{0.11}\text{Yb}_{0.08}\text{Gd}_{0.05}\text{Ho}_{0.04})_{2.78}(\text{Fe}_{1.14}\text{Ca}_{0.33}\text{Mn}_{0.12}\text{Si}_{0.11})_{1.70}[\text{SiO}_4]_3$. Этот редкоземельный минерал не удалось точно диагностировать, он требует дальнейшего изучения.

Как уже отмечалось выше, породообразующие минералы апатитового месторождения Ошурковское изучались многими исследователями. Нами среди пироксенов из обнажения им. А.Е. Ферсмана диагностированы: авгит (табл. 3, ан. 1, 2), пижонит (табл. 3, ан. 3, 4), минералы ряда диопсид-геденбергит $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6] - \text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (табл. 3, ан. 5–10), среди амфиболов – ферроэдентит (табл. 3, ан. 11, 12). Кроме того, в таблице 3 приводятся анализы ортоклаза (ан. 13), титанита (ан. 14) и ильменита (ан. 15).

Выводы

1. В обнажении А.Е. Ферсмана Ошурковского апатитового месторождения впервые в России обнаружен югаваралит – редкий высококремниевый цеолит с соотношением кремния к алюминию равным 3.

2. Описана цеолитовая минерализация этого месторождения. Цеолитовые прожилки в монцодиорите и корочки на его обломках представлены ассоциацией: стильбит, югаваралит, ломонтит, стеллерит, гейландит-Са.

3. Среди породообразующих минералов найдены: гранат – член ряда твердых растворов альмандин – спессартин $[(\text{Mn}_{0.65}\text{Ca}_{0.08}\text{Mg}_{0.02}\text{Fe}_{0.25})_{1.00}]_3[(\text{Fe}_{0.05}\text{Al}_{0.96})_{1.01}]_2[\text{SiO}_4]_3$, содержащий около 25.2% альмандинового и 74.8% спессартинового компонента, пироксены ряда диопсид-геденбергит и пижонит, а также амфибол – ферроэдентит. В гранате выявлено включение редкоземельного минерала, по составу близкого к $(\text{Y}, \text{REE})_3(\text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn})_2[\text{SiO}_4]_3$. Этот минерал требует дополнительного изучения.

Благодарности

Авторы благодарны А.А. Агаханову за выполнение качественных микрозондовых анализов образцов и за подготовку образцов к проведению количественного анализа, В.Ю. Карпенко за помощь в съёмке рентенограмм.

Литература

- Гаврусевич Б.А., Семенов Н.П. Материалы по петрографии и геохимии Юго-Восточного Прибайкалья. Ч. 3. Тр. СОПС АН. Сер. Сибирская. **1935**. Вып. II. 44 с.
- Занвилевич А.Н., Карманов Н.С., Бурдуков И.В., Литвиновский Б.А. Оценки условий кристаллизации габбро-сиенитовой серии на основе химического состава минералов (Ошурковский массив, Забайкалье) // Зап. ВМО. **1999**. Ч. СХХVIII. № 1. С. 31–47.
- Кислов Е.В. Минерагеня Северо-Восточной Азии. Вторая Всерос. науч.-практ. конф. Путеводитель экскурсии. Улан-Удэ: ЭКОС. **2011**. 12 с.
- Кузнецова Л.Г., Василенко В.Б., Холодова Л.Д. Особенности состава породообразующих минералов Ошурковского массива // Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Сб. науч. тр. Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН. **1996**. Т. 11. С. 81–97.
- Ласточкин Е.И., Рупп Г.С., Дорошкевич А.Г. Амфиболы в породах Ошурковского массива // Вестник БНЦ СО РАН. **2011**. № 2. С. 155–161.
- Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. науч.-техн. изд. литературы по геологии и охране недр. **1957**. 870 с.
- Семёнов В.Ю. Петрологическая специфика Ошурковского апатитового месторождения (Западное Забайкалье) // Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и За-

- байкаля. Мат. Всерос. науч.-практ. конф. Улан-Удэ: ЭКОС. **2010**. С. 155–157.
- Ферсман А.Е. Пегматиты. Гранитные пегматиты / Третье испр. и доп. изд. М.-Л.: АН СССР. **1940**. 646 с.
- Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. Handbook of Mineralogy. Tucson Arizona, USA: Mineral Data Publishing. **1990**. Vol. II. Pt. 2. 904 p.
- Barrer R.M., Marshall D.J. Synthetic zeolites related to ferrierite and yugawaralite // Amer. Mineral. **1965**. Vol. 50. P. 484–489.
- Barga K.E., Beeson M.H., Keith T.E.C. Zeolites in Yellowstone National Park // Mineral. Rec. **1981**. Vol. 12. P. 29–38.
- Eberlein G.D., Erd R.C., Weber F., Beatty L.B. New occurrence of yugawaralite from the Chena Hot Springs Area, Alaska // Amer. Mineral. **1971**. Vol. 56. № 9–10. P. 1699–1717.
- Konno H., Aoki M. Yugawaralite from Nukabira, Hokkaido // Mineral. Jour. Japan. **1977**. Vol. 8. P. 456–462.
- Leal P.R., Vattuone M.E., Latorre C.O. Zeolite assemblages from Northern Patagonian Andes, Argentina // Rev. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. **2011**. Vol. 28. N. 2. P. 212–225.
- Railton G.L., Watters W.A. Minerals of New Zealand // Bull. New Zealand Geol. Surv. **1990**. N. 104. 89 p.
- Pongiluppi D. A new occurrence of yugawaralite at Osilo, Sardinia // Canad. Mineral. **1977**. Vol. 15. P. 113–114.
- Sakurai K., Hayashi A. Yugawaralite, a new zeolite // Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ. **1952**. Sec. 11. No. 1. P. 69–77.
- Tschernich R. Zeolites of the World. Phoenix, Arizona, USA: Geoscience Press Inc. **1992**. 563 p.
- Weisenberger T., Selbekk R.S. Multi stage zeolite facies mineralization in the Hvalfjörður area, Iceland // Int. Jour. of Earth Sci. **2009**. Vol. 98. No 5. P. 985–999.
- Wise W.S. Yugawaralite from Bombay, India // Mineral. Rec. **1978**. Vol. 9. No. 5. P. 296.