

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛАХ СЕМЕНИНСКОЙ КОПИ АДУЙСКОГО ПЕГМАТИТОВОГО ПОЛЯ (УРАЛ)

В.И. Попова, В.А. Котляров

Институт минералогии УрО РАН, Миасс, popov@mineralogy.ru

В.Ю. Карпенко

УРАН Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, mineralab@mail.ru

Исследованы состав и форма выделений «эвксенита» двух образцов из сборов А.Е. Ферсмана (из фондов Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН), оказавшихся самарскитом-(Y), а также новых находок самарскита-(Y), ферро- и манганоколумбита, монацита-(Ce), ганита и спессартина из кварц-альбитовых агрегатов камерного гранитного пегматита Семенинской копи. Зёрна самарскита частично замещены ферсмитом и в участках изменения содержат кремнезём (возможно, опал).

В статье 2 таблицы, 5 рисунков, список литературы из 7 названий.

Ключевые слова: гранитные пегматиты, старые сборы, состав акцессорных минералов, редкие земли, эволюция состава.

Семенинская копь среди других копей Центрального Адуйского пегматитового поля на территории современного Режевского государственного природно-минералогического заказника знаменита историей её заложения (вероятно, во второй половине XIX века), разведки и добычи аквамарина, гелиодора, раухтопаза и аметиста, красочно изложенной в ряде публикаций (Ферсман, 1962; Емлин и др., 2002; Маликов и др., 2007 и др.).

Жила гранитного пегматита, простирается 30–50° СВ, протяжённостью 125 м и мощностью 8–12 м (на выклинивании – до 0.5–1 м), прослежена на глубину 39 м двумя шахтами (рис. 1) и на 80 м по падению – скважинами колонкового бурения. Гранитный графический пегматит жилы выделяется довольно мощной внутренней зоной (до 1–4 м) крупнокристаллического альбита с мусковитом, микроклином, кварцем и акцессорными минералами. После посещения копи в 1912–1913 гг. А.Е. Ферсман и Б.А. Линденер передали несколько образцов с «эвксенитом» в Минералогический музей Академии наук; тогда же владелица копи М. Белых по просьбе А.Е. Ферсмана организовала пересмотр отвалов (Маликов и др., 2007) в поисках акцессорных минералов. Наряду с бериллом, А.Е. Ферсман отмечал в жиле магнетит, спессартин, эвксенит, монацит. По результатам геологоразведочных работ Исетской ГРП в 1977–1980 гг., акцессорные минералы изредка встречались в графической кварц-двуполевошпатовой зоне жилы, но наиболее часто (и в более крупных выделениях) – на границе блоковой двуполевошпатовой зоны и зоны крупнокристаллического альбита, а также в полостях в альбито-

вой зоне (по данным М.Б. Аринштейна; см. Емлин и др., 2002). Публикаций о составе этих минералов мы не нашли, кроме наших данных о монаците (Попова и др., 2007). В отвалах шахт в агрегатах с альбитом и кварцем нами найдены ещё ферро- и манганоколумбит, самарскит-(Y), ганит и фторалатит. Ниже приведены результаты исследования некоторых минералов, в том числе и «эвксенита» образцов № 21934 и № 21935 из фондов Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана (далее – ММФ). К сожалению, подтвердить присутствие этого минерала нам не удалось – выделения «эвксенита» оказались самарскитом-(Y). Макродианоза этих минералов не так проста – по внешнему виду самарскит в сколах нередко сходен с эвксенитом и поликразом.

Самарскит-(Y) из образцов ММФ представлен зёрнами до 1 см коричнево-чёрного и чёрно-коричневого цвета, образующими вросстки в альбите с характерным покраснением вокруг них (рис. 2а). Зерно из образца № 21934 коричнево-чёрное и содержит вросстки альбита и микровключения монацита-(Ce) у края зерна. В составе самарскита преобладают Nb, Fe, Y, сумма TR 10.54 мас.%, а также мало Ti, что отличает его от эвксенита и выявляет сходство с самарскитом-(Y). Эмпирическая формула удовлетворительно рассчитывается на типовую формулу ABO_4 (табл. 1, ан. 1): $(Fe_{0.38}Y_{0.28}REE_{0.16}U_{0.12}Th_{0.02})_{0.96}(Nb_{0.85}Ti_{0.10}Ta_{0.09})_{1.04}O_{3.87}$. Некоторый дефицит кислорода, вероятно, обусловлен частичной гидратированностью метамиктного минерала. Самарскит частично изменён. Дебаэграмма зерна, прокалённого до 1000°C, содержит главные линии (d/n , Å; I): 3.99 (9); 3.16 (10);

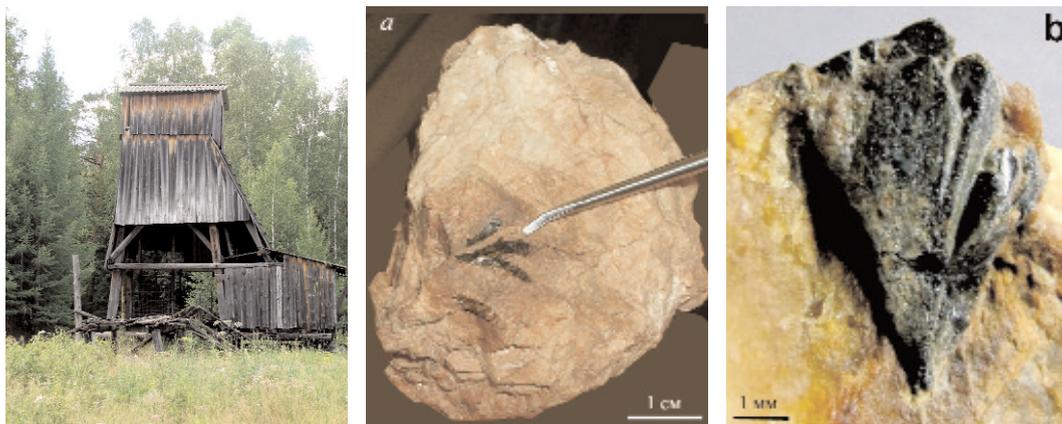


Рис. 1. Копёр шахты на жиле Семенинской, 2009 г. (фото О.Л. Буловской).

Рис. 2. Самарскит-(Y) в альбите (a) и альбит-кварцевом агрегате (b, c). a – обр. № 21934 ММФ (фото В.Ю. Карпенко), b, c – обр. Г1 (b – фото В.А. Губина; c – фото В.А. Котлярова); c – во вторичных электронах. Sam – самарскит, Fr – ферсмит (преобладающий среди продуктов изменения), Ab – альбит, Q – кварц.

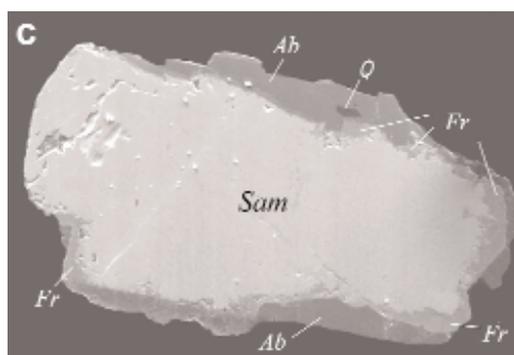


Таблица 1. Состав самарскита и псевдоморфоз по нему в Семенинской копи Адуя

№ ан.	1		2		3		4		5	
	мас.%	а. ф.	мас.%	а. ф.	мас.%	а. ф.	мас.%	а. ф.	мас.%	а. ф.
TiO ₂	2.81	0.10	3.88	0.14	3.20	0.11	9.50	7.94		
FeO	9.80	0.38	8.34	0.33	8.55	0.34	7.10	5.83		
MnO	—	—	—	—	—	—	0.17	1.41		
CaO	—	—	—	—	—	—	4.92	4.71		
Nb ₂ O ₅	40.55	0.85	39.64	0.85	38.60	0.82	38.07	47.40		
Ta ₂ O ₅	6.94	0.09	8.28	0.11	7.39	0.09	21.15	12.85		
Y ₂ O ₃	11.40	0.28	11.24	0.28	11.92	0.30	—	1.46		
Ce ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	1.45	0.85		
Nd ₂ O ₃	0.88	0.01	1.15	0.02	0.88	0.01	0.72	0.56		
Sm ₂ O ₃	1.33	0.02	1.25	0.02	1.49	0.02	—	0.17		
Eu ₂ O ₃	0.78	0.01	0.81	0.01	0.79	0.01	—	—		
Gd ₂ O ₃	2.68	0.04	2.70	0.04	2.61	0.04	—	0.10		
Dy ₂ O ₃	2.25	0.04	2.56	0.04	2.19	0.03	—	—		
Tb ₂ O ₃	0.61	0.01	0.83	0.01	0.50	0.01	—	—		
Yb ₂ O ₃	2.01	0.03	2.17	0.03	1.80	0.03	—	—		
ThO ₂	2.12	0.02	2.17	0.02	1.95	0.02	7.70	5.57		
UO ₂	11.58	0.12	8.76	0.09	14.45	0.15	2.50	2.90		
Сумма	95.84	2.00	93.78	2.00	96.32	2.00	93.28	91.75		
	TR = 10.54	O = 3.87	TR = 11.47	O = 3.92	TR = 10.26	O = 3.89	TR = 2.17	TR = 1.68		
n	4		3		6		5		2	

Примечание: ан. 1–3 – самарскит-(Y): 1 – обр. № 21934 ММФ, 2 – обр. № 21935 ММФ, 3 – обр. Г1; ан. 4, 5 – ферсмит, развивающийся по самарскиту, обр. Г1. Приведены средние содержания (n – число анализов) по данным микрозондового анализа (РЭММА-202М с (ЭДС) Link LZ-5, аналитик В.А. Котляров; JXA-733 с волново-дисперсионными спектрометрами, аналитик Е.И. Чурин).

Таблица 2. Состав монацита-(Се) Семеновской копи (мас. %)

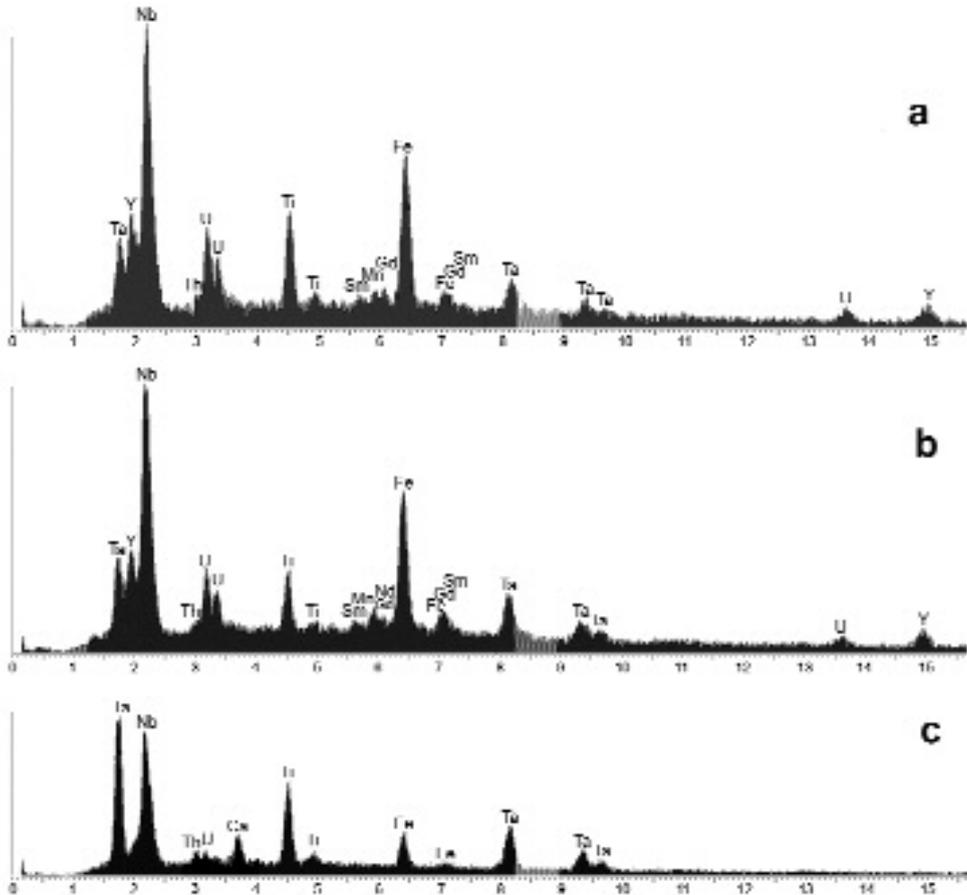
№ ан.	Зерно	участок	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	ThO ₂	UO ₂	Сумма
1	1	центр	—	27.97	—	3.67	21.28	3.79	17.07	17.20	6.03	2.07	—	99.08
2		центр	0.11	27.79	0.05	2.85	20.14	5.68	16.16	16.56	7.90	2.48	0.20	99.91
3		край	—	27.99	—	3.54	20.54	3.39	16.80	18.19	6.66	2.12	—	99.23
4		край	0.34	27.57	—	2.86	20.36	5.83	16.22	16.25	7.18	2.66	0.34	99.59
5	2	центр	1.31	26.59	0.16	5.81	28.39	4.24	16.55	6.70	1.85	5.87	1.28	99.17
6		центр	2.17	25.51	0.08	5.59	29.42	6.37	16.97	7.00	—	6.91	—	100.02
7		край	1.62	26.72	0.11	5.38	28.47	6.02	17.31	7.36	—	6.55	—	99.54

Эмпирические формулы (расчёт на 2 катиона)

1	центр	(Ce _{0.32} Nd _{0.25} Sm _{0.24} Gd _{0.08} La _{0.06} Pr _{0.06} Th _{0.02}) _{1.03} P _{0.97} O _{3.98}
3	край	(Ce _{0.31} Nd _{0.25} Sm _{0.26} Gd _{0.09} La _{0.05} Pr _{0.05} Th _{0.02}) _{1.03} P _{0.97} O _{3.98}
5	центр	(Ce _{0.43} Nd _{0.24} Sm _{0.10} La _{0.09} Pr _{0.06} Th _{0.05} Gd _{0.02} Ca _{0.01} Y _{0.01} U _{0.01}) _{1.02} (P _{0.93} Si _{0.05}) _{0.96} O _{3.99}
7	край	(Ce _{0.43} Nd _{0.25} Sm _{0.10} Pr _{0.09} La _{0.08} Th _{0.06}) _{1.01} (P _{0.92} Si _{0.06}) _{0.96} O _{3.99}

Примечание: ан. 1, 3, 7 – микронзондовый анализатор JXA-733 Superprobe, аналитик Е.И. Чуриц (ан. 1, 3 выполнены на ЭДС INCA, ан. 7 – на волново-дисперсионных спектрометрах); ан. 2, 4–6 – РЭММА-202М с ЭДС Link LZ-5 (аналитик В.А. Котляров); сумма ан. 5 включает 0.42 мас. % Y₂O₃. Проверка – не обнаружено.

Рис. 3. Энерго-дисперсионные спектры самарскита (а, б) и замещающего его ферсмита (с) (а – обр. № 21934 ММФ; б, с – обр. Г1).



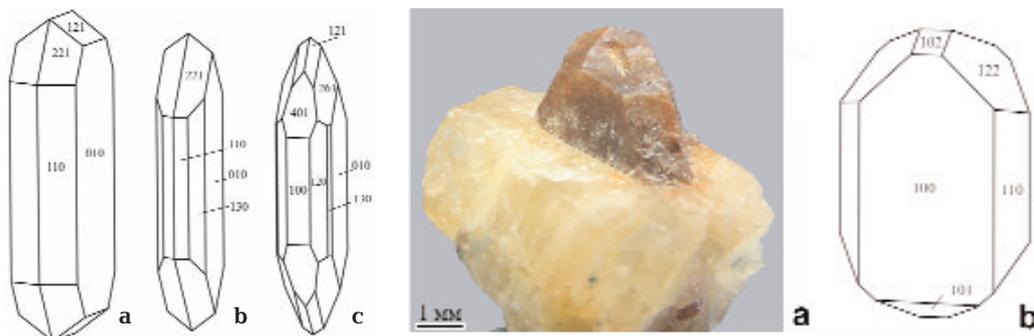


Рис. 4. Форма кристаллов ферроколумбита из жилы Семенинской.

Рис. 5. Монацит-(Ce) жилы Семенинской: а – монацит в жёлтом берилле из альбита (фото В.А. Губина), б – идеализированная.

3.01 (9); 2.48 (9); 1.883 (8); 1.825 (9); 1.561 (7) (аналитик Е.Д. Зенович; условия съёмки – УРС-2.0, РКД-57.3 мм, Fe-анод). Линии наиболее близки к рентгенограмме изменённого самарскита (samarskite altered) базы данных JCPDS.

Самарскит-(Y) из другого образца ММФ (№ 21935) имеет чёрно-коричневый цвет и также содержит микровыделения альбита у краёв зерна. При микрозондовом исследовании установлено, что относительно не изменена только центральная часть зерна. Состав её отличается от предыдущего образца несколько меньшими содержаниями оксидов Fe и U, но повышенными – Ti, Ta и редких земель; эмпирическая формула его $(\text{Fe}_{0.33}\text{Y}_{0.28}\text{REE}_{0.17}\text{U}_{0.09}\text{Th}_{0.02}\text{Ta}_{0.89})(\text{Nb}_{0.85}\text{Ti}_{0.14}\text{Ta}_{0.11})_{1.10}\text{O}_{3.92}$ (табл. 1, ан. 2).

В 1975 г. В.А. Губиным в альбит-кварцевом агрегате был найден веерообразный росток удлинённо-таблитчатых коричнево-чёрных кристалликов самарскита-(Y) величиной 6 мм, с габитусными формами {100}, {010} и {011} (рис. 2b). По составу он близок образцам из ММФ при немного более высоком содержании UO_2 (табл. 1, ан. 3); его формула $(\text{Fe}_{0.34}\text{Y}_{0.30}\text{REE}_{0.17}\text{U}_{0.15}\text{Th}_{0.02}\text{Ta}_{0.98})(\text{Nb}_{0.82}\text{Ti}_{0.11}\text{Ta}_{0.09})_{1.02}\text{O}_{3.89}$.

Минерал, частично замещающий с периферии кристаллы и зёрна самарскита-(Y) (рис. 2c), характеризуется относительно высокими содержаниями CaO (до 3–5 мас.%) и почти не содержит иттрия и редких элементов его подгруппы; в нём в 2–3 раза больше Ti, Ta и Th, но мало U (рис. 3; табл. 1, ан. 4–5). Из-за наличия микрореликтов самарскита, получить удовлетворительные анализы не удалось. Обе разновидности, выделяющиеся по соотношению Fe, Nb и Ta, по составу наиболее близки железистому ферсмиту. Их расчётные формулы: $(\text{Fe}_{0.40}\text{Ca}_{0.35}\text{Th}_{0.12}\text{REE}_{0.06}\text{U}_{0.04}\text{Mn}_{0.01})_{0.98}(\text{Nb}_{1.16}\text{Ti}_{0.48}\text{Ta}_{0.39})_{2.03}\text{O}_{6.0}$ (ан. 4) и $(\text{Ca}_{0.33}\text{Fe}_{0.32}\text{Mn}_{0.08}\text{Th}_{0.08}\text{Y}_{0.05}\text{U}_{0.04}\text{REE}_{0.03})_{0.93}(\text{Nb}_{1.42}\text{Ti}_{0.40}\text{Ta}_{0.23})_{2.05}\text{O}_{6.04}$

(ан. 5). Некоторые отражения дебаеграммы прокалённого зерна изменённого самарскита совпадают и с ферсмитом. Кроме предполагаемого ферсмита, в участках изменения самарскита при анализе найдены микрозёрна манганоколумбита, монацита-(Ce), циркона; в ряде анализов имеется повышенное содержание SiO_2 (до 3–15 %), возможно, обусловленное гипергенным опалом или микровключениями альбита.

Манганоколумбит из включения в изменённом самарските (ферсмите) имеет состав (мас.%): FeO 9.30; MnO 12.94; Nb_2O_5 70.41; Ta_2O_5 3.01; TiO_2 2.42; WO_3 0.21; UO_2 1.47; сумма 99.76 (примесь U, вероятно, обусловлена окружающими минералами – самарскитом-(Y) и ферсмитом). Анализ рассчитывается на формулу: $(\text{Mn}_{0.62}\text{Fe}_{0.44})_{1.06}(\text{Nb}_{1.81}\text{Ti}_{0.10}\text{Ta}_{0.05})_{1.96}\text{O}_{5.96}$.

Высокомарганцевый ферроколумбит в агрегате альбита с жёлтым бериллом, кварцем и мусковитом представлен обломками пластин крупных кристаллов толщиной до 2.6 мм, был найден в 1969 г. В.А. Губиным; встречается ферроколумбит и в шлихе шахтного отвала. Более крупные его зёрна (2–5 мм) имеют удлинённо-таблитчатый облик с соотношением $c : b = 3$ и гранями {110}, {010}, {221}, {021}, а мелкие (1 мм и менее) ещё более удлинены – с соотношением $c : b = 4$ и появлением граней дополнительных призм {120}, {130}, {401}, {261} и пинакоида {100} (рис. 4). Состав его (мас.%): FeO 10.71; MnO 9.56; Nb_2O_5 69.52; Ta_2O_5 8.19; TiO_2 1.96; сумма 99.94 (условия съёмки – РЭММА-202М с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) Link LZ-5, аналитик В.А. Котляров); эмпирическая формула $(\text{Fe}_{0.51}\text{Mn}_{0.47})_{0.98}(\text{Nb}_{1.81}\text{Ta}_{0.13}\text{Ti}_{0.08})_{2.02}\text{O}_6$. В пегматите жилы Пузырь (380 м севернее Семенинской копи) близкий по составу ферроколумбит встречается в графическом пегматите, а высокожелезистый манганоколумбит – в

блоковой зоне (Емлин и др., 2002). В копи Южной высокожелезистый манганоколумбит описан в топазах из друзовых полостей, а в блоковой зоне известен ферроколумбит с существенно меньшими (в 2 раза и более) содержаниями Mn и Ta (Шагалов и др., 2004).

Монацит-(Ce) образует вросстки частично огранённых красновато-коричневатых зёрен величиной до 4–25 мм в альбите и желтоватом полупрозрачном берилле (из полости в альбите). Кристаллы монацита имеют таблитчатый облик (рис. 5). Этот монацит (табл. 2, ан. 1–4) выделяется среди монацитов других жил Адуйского поля наиболее высокими содержаниями Nd и Sm и наиболее низкими — Th (Попова и др., 2007); микрзерно обогащённого Nd и Sm монацита-(Ce) встречено и в самарскит-(Y) из образца № 21934 ММФ. Другой тип кристаллов монацита-(Ce) (удлинённо-таблитчатых желтовато-коричневатых, вероятно, из блоковой зоны пегматита) характеризуется меньшим содержанием Sm_2O_3 (6–7 мас.%), более высоким — Ce_2O_3 и ThO_2 (табл. 2, ан. 5–7) и по составу ближе монацитам из блоковой зоны пегматита жилы Южной (Вахрушева и др., 2004) и мусковит-кварц-альбитовой зоны жилы Телефонки (Попова, Чуринов, 2009).

Ганит в кварц-альбитовом агрегате встречается в виде зеленовато-чёрных и тёмно-синезелёных кристаллов и зёрен (до 2–5 мм и более) с участками габитусных граней {111}, {110} (узкие), обычно с преобладанием индукционных поверхностей с альбитом и кварцем. Содержание в них ZnO около 33 мас.%, расчётная формула $(Zn_{0.72}Fe_{0.24}Mn_{0.03})_{0.99}Al_{2.01}O_4$. По форме и составу они подобны кристаллам ганита из кварц-альбитовой зоны пегматита Телефонки (Емлин и др., 2002). Оранжево-красный спессартин содержит около 61% Mn-минала (16–17 мас.% FeO), а красновато-оранжевый из альбита — 77% Mn-минала (10–11 мас.% FeO).

Новые данные об аксессуарных минералах Семеновской копи подтверждают её индивидуальность (отмеченную А.Е. Ферсманом из-за мощной альбитовой зоны жилы). Исследованные нами образцы «эвксенита» из сборов А.Е. Ферсмана оказались самарскитом-(Y) с участками замещения его ферсмитом и с микровключениями других мине-

ралов. Колумбиты по составу эволюционировали от более ранних железистых к поздним марганцовистым, что характерно для многих жил гранитных пегматитов разных регионов. Независимо от содержания Sm_2O_3 в монацитах разных жил Адуйского поля, в процессе кристаллизации доля Sm в составе монацита-(Ce) возрастала.

Приведённые данные показывают целесообразность ревизии минералогии многих других жил старинных копей и месторождений прошлых лет, особенно в богатых минералогических собраниях музеев.

Авторы благодарны Е.И. Чуринову, О.Л. Бусловской, В.А. Губину и Е.Д. Зеновичу за содействие в работе. Исследования поддержаны грантом РФФИ № 08-05-00361-а.

Литература

- Вахрушева Н.В., Шагалов Е.С., Ерохин Ю.В., Сустанов С.Г. Монацит-(Ce) из гранитных пегматитов жилы Южная (Адуйское пегматитовое поле) // Вестник Урал. отд. Минерал. об-ва. Екатеринбург: УГГА. **2004**. № 3. С. 5–9.
- Емлин Э.Ф., Вахрушева Н.В., Кайнов В.И. Самоцветная полоса Урала. Режевской гос. природно-минералогический заказник: Путеводитель. Екатеринбург-Реж: УГГА, Режевской заказник, **2002**. 156 с.
- Малцов А.И., Поленов Ю.А., Попов М.П., Шукшаев А.П. Самоцветная полоса Урала. Учебно-справочное пособие. Екатеринбург: «Сократ». **2007**. 384 с.
- Попова В.И., Губин В.А., Муфтахов В.А., Чуринов Е.И. Морфология, состав и парагенезисы монацита-(Ce) в пегматитах Адуйского массива // Минералогия Урала-2007. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, **2007**. С. 250–252.
- Попова В.И., Чуринов Е.И. Зональность и секториальность состава монацита-(Ce) гранитных пегматитов Среднего и Южного Урала // Зап. РМО. **2009**. № 5. С. 77–90.
- Ферсман А.Е. Адуйские копи / Избранные труды Т. VII. М.: АН СССР. **1962**. С. 361–366.
- Шагалов Е.С., Ерохин Ю.В., Вахрушева Н.В., Сустанов С.Г., Норкина Ю.С. Титан-ниобиевая минерализация пегматитовой жилы Южная (Адуйский участок, Средний Урал) // Уральская минералогическая школа-2003. Екатеринбург: УГГА. **2003**. С. 80–84.