УДК 549:548.33

СЛЮДЫ ИЗ ПЕГМАТИТОВ ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Е.В. Белогуб¹, М.А. Рассомахин², В.А. Попов¹

¹ Институт минералогии УрО РАН, г. Muacc, bel@mineralogy.ru; popov@mineralogy.ru ² Ильменский государственный заповедник, г. Muacc; Miha_Rassomahin@mail.ru

MICAS FROM PEGMATITES OF THE ILMENY STATE RESERVE

E.V. Belogub¹, M.A. Rassomakhin², V.A. Popov¹

¹Institute of Mineralogy UB RAS, Miass, bel@mineralogy.ru; popov@mineralogy.ru ² Ilmeny State Reserve, Miass, Miha Rassomahin@mail.ru

Представлен наиболее полный на данный момент обзор слюд из пегматитов различного типа Ильменского государственного заповедника. Показана связь состава слюд с типом пегматитов. Приведены данные по эволюции слюд из амазонитовых пегматитов.

Илл. 10. Табл. 4. Библ. 41.

Ключевые слова: слюды, пегматиты, Ильменский заповедник, политипия.

Most comprehensive review of micas from pegmatites of the Ilmeny State Reserve is presented. Correlation between the composition of micas and the type of pegmatite is shown. The data on evolution of micas from amazonite pegmatites are provided.

Figures 10. Tables 4. References 41.

Key words: mica, pegmatites, Ilmeny State Reserve, polytypism.

История изучения слюд Ильменских гор

Слюды широко распространены во всех типах пегматитов Ильменских гор, но информация о них содержится в многочисленных статьях и фондовых отчётах, большинство из которых в настоящее время практически недоступны, что и послужило толчком для написания данного обзора.

Сведения о добыче белой слюды в Ильменских горах отрядом В.О. Раздеришина относятся к середине XVIII века (Попов, Попова, 2006).

Описание слюд в пегматитах различного состава встречается уже в первых систематических работах, посвященных геологии и минералогии Ильмен (Мушкетов, 1877, Мельников, 1982; Минералы..., 1949; Симонов, 1958ф; Богомолова, 1974ф и др.). К раннему этапу изучения слюд относится выполнение Н.И. Кокшаровым чертежей кристаллов и двойников мусковита (рис. 1). Первые химические анализы крупных блоков черной слюды, попавших в Европу со сборами экспедиции И. Менге, были выполнены Г. Розе в 1824 г. В сводке (Минералы..., 1949) приведен ряд химических анализов мусковитов и тёмных слюд, выполненных различными аналитиками в XIX – первой половине XX веков, и классификация ильменских слюд, среди которых были выделены флогопиты, лепидомеланы, биотиты, лепидолиты и мусковиты (Постоева, 1949а).

При изучении ильменских пегматитов В.А. Поповым, В.И. Поповой, В.О. Поляковым и Е.П. Щербаковой была проведена большая работа по формированию и анализу коллекции слюд из пегматитов различных типов, результаты которой нашли отражение в фондовых отчётах (Попов и др., 1980ф; Построение..., 1985ф), препринте (Поляков, 1982ф), специальном выпуске минералогического альманаха (Попов, Попова, 2007) и ряде статей, посвященных минералогии отдельных жил. При изучении минеральных ассоциаций занорышей гранитных пегматитов был описан иллит (Поляков, 1980; Поляков и др., 1980).

Состав и структура слюд из гранитных пегматитов рассмотрена Е.В. Белогуб (Белогуб, 1992; Белогуб, Котляров, 1993; Белогуб, 1994; Белогуб,



Рис. 1. Кристаллографические формы Ильменских слюд.

1-6 – монокристаллы, 7-8 – двойники по Н.И. Кокшарову; o(112), M(111), h(010), r(011), P(001); 9-10 – двойники по Леви; d1/2(112), g(010), m(111), P(001), e(011), (Минералы..., 1949).

Fig. 1. Crystallographic forms of the Ilmeny micas: 1-6 – monocrystals, 7-8 – twins after N.I. Koksharov; o(112), M(111), h010), r(011), P(001); 9–10 – twins after Levi d1/2(112), g(010), m(111), P(001), e(011) (Minerals..., 1949).

1994ф). В результате этих работ были получены достоверные анализы литиевых слюд, позволившие установить новые для Ильмен минеральные разновидности: *циннвальдит, криофиллит, литийсодержащий мусковит-фенгит* (по современной номенклатуре – мусковит-алюмоселадонит) и *масутомилит*.

Тетраферрифлогопит в пегматитах щёлочноультраосновного состава установили А.Г. Баженов и Б.Н. Иванов (1976), В.О. Поляков и И.Л. Недосекова (1990), позднее В.А. Попов (2004). Э.А. Гойло и Д.С. Сергеевым с соавторами были впервые описаны цезиевый *алюмоселадонит и нанпинит* (Гойло и др., 2005). Г.П. Зарайским с соавторами описана высокомарганцевая триоктаэдрическая слюда из амазонитового пегматита, содержащая 2.91 мас. % цинка (Зарайский и др., 2007).

Список минеральных видов группы слюд был приведён в соответствие с существующими на тот момент номенклатурными требованиями Ю.С. Кобяшевым с соавторами (Кобяшев и др., 2000).

Изучение слюд из амазонитовых пегматитов методами электронографии, рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопии позволило установить связь между политипией и упорядоченностью катионов в октаэдрическом слое (Белогуб, 1994; Югова и др., 2000) и показать, что слюды из ранних графических зон гранитных пегматитов более однородны, чем слюды из блоковой зоны и занорышей (Гойло и др., 1998, 2007). Неоднородность выражается в зональном и мозаичном и, вероятно, секториальном распределении катионов октаэдрического слоя.

Со времени получения первых химических определений до сегодняшнего дня накоплено около 400 частных анализов химического состава слюд из ильменских пегматитов, выполненных как классическими методами «мокрой» химии, так и при помощи микрозондового анализа. На основании этих данных состав слюд может быть описан в рамках трёх практически непрерывных изоморфных рядов:

1) «Биотитового»: аннит – сидерофиллит (истонит) – флогопит;

2) «Селадонитового»: мусковит – алюмоселадонит (ферроселадонит)

3) «Циннвальдитового»: аннит – циннвальдит, масутомилит, полилитионит – литий-содержащий алюмоселадонит (литий-содержащий мусковит, нанпинит) – мусковит.

Слюды первых двух рядов широко распространены в пегматитовых телах всех типов – миаскитовых, сиенитовых и гранитных всех разновидностей (здесь и далее общая классификация пегматитов Ильмен приводится по (Попова, Попов, 1982), для гранитных пегматитов по (Баженов и др., 1992). Литийсодержащие слюды встречаются только в пегматитах гранитного состава.

Слюдистые минералы формируют также ряды биотит – вермикулит и мусковит, алюмоселадонит – иллит – смектит. Представители этих рядов характерны для кор выветривания по пегматитам, а также глин, заполняющих занорыши пегматитов гранитного состава, и псевдоморфоз по различным алюмосиликатам, сформированным в результате поздних процессов.

«Биотитовый» ряд – тёмные триоктаэдрические слюды

Среди «тёмных» слюд «биотитового» ряда по формальным критериям минералогической номенклатуры (Rieder, 1998) выделются флогопиты, анниты, сидерофиллиты и истониты. Ильменские «тёмные» слюды преимущественно железистые и



Рис. 2. Тройная диаграмма составов «тёмных» триоктаэдрических слюд (мас. %).

амазонитовые пегматиты; 2 – карбонатные, карбонат-слюдяные, амфиболовые породы спорного генезиса («карбонатиты»); 3 – гранитные безамазонитовые, включая редкометалльные пегматиты; 4 – сиенитовые, миаскитовые пегматиты; 5 – фигуративные точки соответствующих минералов (И – истонит, Φ – флогопит, С – сидерофиллит, А – аннит).

Fig. 2. Composition of trioctahedral micas (wt. %).

1 – amazonite pegmatites; 2 – carbonate, carbonatemicaceous, amphibole rocks of controversal genesis («carbonatites»); 3 – amazonite-free granite pegmatites including rare metal granites; 4 – syenite and miaskite pegmatites; 5 – minals (\mathcal{M} – eastonite, Φ – phlogopite, C – siderophyllite, A – annite).

представлены промежуточными разновидностями (рис. 2).

Флогопит $K(Mg,Fe^{2+})_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Слюды с преобладанием флогопитового минала, как и другие триоктаэдрические слюды, кристаллизуются преимущественно в политипной модификации 1Md, в виде примеси встречаются политипы 1M и 2M₁. Такое распределение политипов в триоктаэдрических слюдах биотитового ряда характерно и для метаморфических пород Ильменских гор (Баженов и др., 1988; Рассказова, Котляров, 1994; Мурдасова, 2007ф).

Слюды с преобладанием флогопитового минала макроскопически тёмные, в тонких сколах просвечивают коричневым, зеленовато-бурым, жел-

r nhnnnr	Table 1		q	980	ва, 1990	ва, 1990	ва, 1990				q	q	q	q	$9_{\rm B}$		se			ионов в					se		se			скитовый	и 8—13 — 25 Сс на	NU, US HE
7		Ссылки	4 др., 1980с	Леванов, 1	, Недосеко	, Недосеко	, Недосеко	2004	2004	, 1949 _B	4 др., 1980с	4 др., 1980с	4 др., 1980с	4 др., 1980с	остоев, 194		цы в анали:			остатку ан	•		1 c ž	ИС	цы в анали:		цы в анали:), 3 – миа	(1). AH. I–1 1 : 1	жено. гл, 1
			Попов и	Попова,	Поляков	Поляков	Поляков	Попов, 2	Попов, 2	Постоев	Попов и	Попов и	Попов и	Попов и	Пс		бытку вој			но по нед			тветствии	virkiwdoch i	бытку вод		бытку вод			Юоловый	гроителей та общати	ю оонару
	(%)	Сумма	100.04	95.90	99.19	100.26	100.13	96.43	93.65	100.39	100.64	98.17	99.83	99.20	100.17		ана по из			формаль	I) I		(eho B coo		ана по из		ана по из			лит-амфи	e (noc. C	odepk – r
ac. %)	/e (wt.	$F=O_{2}$	0.49	1.20	1.18	0.60	1.55				0.98	1.22	1.43	0.76	0.28	()	рассчит			считан	ции (ОҒ		привед	NAULUA	рассчит		рассчит			(флого	карьер	ано, пр
HKA (M	Reserv	щ	1.16	2.86	2.82	1.44	3.68	H.a.	H.a.	H.a.	2.34	2.90	3.40	1.80	0.66	OB = 22	H,O I			O pac	ПОЗИІ		(HO)	ryphuci	H ₂ O ₁		H ₂ O I			новной	MOHPO	изиров
оведни	State	$H_{2}O^{+}$	11.04	1.98	1.48	2.87	3.15	H.a.	H.a.	0.40	3.57	2.01	3.01	2.65	0.97	у заряд														ытраосі	IIIeoën	п анал
го запо	lmeny	К,О	6.00	9.64	10.30	8.11	9.58	9.66	10.05	10.12	8.04	8.58	8.34	8.34	7.41	a cymm	0	0			0				H ₂ O		$0H_2O$			гу-онро	ипата в I	1.а. – н
енско	of the I	Na_2O	0.20	0.31	0.47	1.94	0.70	0.86	0.40	0.70	0.56	0.20	0.33	0.30	0.55	гтаны н	.86 H ₂ C	${}^{8}\mathrm{F}_{0.68}$		$O_{0.13})_{2.00}$	$O_{0.16})_{2.0}$				0.33	2.00	0.3(2.00	$\binom{7}{0.13}_{2.00}$	– щёлс	eboro I	урин. г
MJILM	atites c	CaO	0.05	0.40	0.52	0.29	0.26		I	0.57	0.74	1.28	0.32	0.57	2.97	рассчи	$(28)_{2.00} \cdot 3$	(HOI)	0) _{1.35} F _{0.32}	$)_{1.52}F_{0.32}$			$(OH)_{2.00}$	1.45 F _{0.55})	$(1.30 F_{0.70})$	$1.20F_{0.80}$	$1.58F_{0.42}$	O _{0.55} H	зый, 2	гла пол Е и п	Б.И. Ч
THTOB	pegma	MgO	18.91	11.53	27.54	24.31	24.18	23.11	22.65	17.20	16.98	16.20	14.04	13.94	9.77	pMyJIbI	$(H)_{1.78}F_0$	$i_{2.91}O_{10}$)($37F_{0.63})_{2.0}$	HO)(01	HO)(01		$(H)_{2.00}$	$i_{2.86}O_{10}$)((HO)(₀₁	(HO)(₀₁	(HO)(01)	(HO)(⁰¹	(HO))((ковитон	LK – XU	1111/11/1
пегма	e from	MnO	0.19	2.50	0.04	0.21	0.20	0.28	0.30	0.62	0.80	0.81	0.37	0.61	I	ские фо	O10)((C	(A1 _{1.09} S	((OH))	0.05 Si _{2.94}	$^{0.04}Si_{2.93}$	$(H)_{2.00}$	0)(0]	${}_{6}\mathrm{Fe}_{0.18}\mathrm{S}$	$\mathrm{Si}_{20}\mathrm{Si}_{2.80}\mathrm{O}$	Si _{2.94} O	${}_{16}\mathrm{Si}_{2.84}\mathrm{O}$	${}_{9}Si_{2.81}O$	Si _{2.43} O ₁₀	HO-Myc	й). НШ ^{aol} au	col, and
ита из	logopit	FeO	3.34	7.09	2.87	5.02	4.67	7.08	6.82	12.60	15.63	14.66	8.97	10.38	14.89	онина	$I_{1.13}Si_{2.87}$	$\mathrm{Ti}_{0.01})_{2.65}$	$3i_{3.03}O_{10}$	$1_{1.01}$ Fe ³⁺	$1_{1.03}$ Fe ³⁺	₉₇ O ₁₀)(C	$^{+}_{0.03}\mathrm{Si}_{3.0^{+}}$	$_{2.90}(Al_{0.9}$	$_{3.03}(Al_{1.2}$	$_{3.00}(Al_{0.5}$	$(Al_{1.1})$	$_{2.82}(Al_{1.1})$	$^{1.27}\mathrm{Fe}_{0.30}$	металлн	IIIatobbi 722 G	ם ננויי
duoron	n of ph	Fe ₂ O ₃	8.46	3.67	0.78	2.38	2.02	H.a.	H.a.	4.97	0.11	2.22	9.50	8.65	14.64	исталлох	$(A)_{2.94}$	0.21 Mn $_{0.16}$	${}^{}_{0.06}$	$(A)_{2.98}$	$(A)_{2.98}$	$\mathrm{Al}_{0.93}\mathrm{Si}_{2.}$	$[Al_{0.93}Fe^3]$	$n_{0.04} Ti_{0.08}$	1 _{0.05} Ti _{0.08}	10.05 Ti 0.06	1 _{0.02} Ti _{0.09}	$n_{0.04} Ti_{0.09}$	$(AI_{14})_{2.74}$	й редко	полевои	
Coctab	npositio	Al ₂ O ₃	12.54	18.22	10.47	12.14	12.14	11.10	10.76	10.97	14.01	10.89	13.26	13.55	14.22	Kpi	${\rm Ti}_{0.07}{ m Mn}$	$e^{2^+}_{0.45}$ Fe ³⁺	$1_{0.87} Fe^{3+}_{0.1}$	${}_{8}^{ m Mn_{0.01}Ti}$	${}_7\mathrm{Mn}_{0.01}\mathrm{Ti}$	$\mathrm{Ti}_{0.05})_{2.93}$	$\mathrm{Ti}_{0.06})_{2.94}$	$e^{3+}_{0.10}$ Mi	$e^{3+}_{0.01}M_{1}$	$e^{3+}_{0.05}M_{1}$	$e^{3+}_{0.53}M_{1}$	$e^{3+}_{0.65}M_{1}$	² e ³⁺ _{0.54} Ti	анитны	TOBBIN (микроз
Ŭ	Con	TiO,	1.18	0.24	0.05	0.53	0.45	0.98	1.07	1.38	1.37	0.98	1.69	1.52	2.46		$^{49}{\rm Fe}^{2+}_{0.2}$	$Al_{0.53}Fe$	$(A)_{3.00}(A)$	${}_{30}{}^{\mathrm{Fe}^{3+}}$	$^{28}{\rm Fe}^{3+}_{0.0}$	${}^{42}{ m Mn}_{0.02}$	${}_{39}{ m Mn}_{0.02}$	$Fe^{2+}_{0.78}$]	${}_{9}^{2+}Fe^{2+}$	${}^{+}{\rm Fe}^{2+}{}_{0.93}$	$[Fe^{2+}]{0.56}$	Fe ²⁺ 0.49	$[Fe^{2+}_{0.95}]$	- 1 - 1	– сиени К 7	-
		SiO_{2}	37.46	38.66	43.03	41.62	40.65	43.36	41.60	38.52	37.47	38.66	38.03	37.65	31.91		$^{2.16}$ Fe ³⁺	$(Mg_{1.2})$	$^{2.89}$ Fe ²⁺	$^{2.56}$ Fe ²⁺	$^{2.60}$ Fe $^{2+}$	$^{2.44}$ Fe ²⁺	$^{2.47}$ Fe ²⁺	(Mg _{1.9}	₁₁ (Mg _{1.8}	₆ (Mg _{1.8}	₅₆ (Mg _{1.56}	⁸⁸ (Mg _{1.5}	$_{0}(Mg_{1.1})$	матита	IЙ), 4 -	лиз, ан
		Тип жил	1	1	2	2	2	2	2	б	б	4	4	4	4		$(0.3)_{0.61}$ (Mg	$Ca_{0.03}$	gM) _{90.0} (_{00.}	₂₇) _{1.00} (Mg	(Mg) ₈₀₀	gM) _{99,0} (Mg	.06)1.00(Mg	$(10^{-10} Ca_{0.05})_{1.1}$.08Ca _{0.06}) _{0.5}	$Ca_{0.10}$.05Ca _{0.03}) _{0.8}	$(0.04 Ca_{0.05})_{0.8}$.08Ca _{0.24}) _{1.1}	Тип пег	оппатовь	овои ана
		№ копи	257	255	97	13	97	13	13	99	99	HIIIK	75	185	155		$(\mathrm{K}_{0.59}\mathrm{Na}_{0}$	$(K_{0.93}Na_0$	$(K_{0.93}Na_0$	$(K_{0.73}Na_0$	$(K_{0.88}Na_0$	$(K_{0.87}Na_0$	$(K_{0.94}Na_0$	$(\mathrm{K}_{0.96}\mathrm{Na}_{0}$	$(K_{0.77}Na_0$	$(\mathrm{K}_{0.83}\mathrm{Na}_0$	$(K_{0.79}Na_0$	$(K_{0.79}Na_0$	$(K_{0.78}Na_0$	імечание.	ин-полев	ированы.
		№ aн.	1	2	б	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13		1	2	б	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13	ıdII	(нефел	анализ

Note. Type of pegmatites: 1 – granitic rare metal-muscovite, 2 – alkali-ultramafic (phlogopite-amphibolic), 3 – miaskite, 4 – syenite. HIIIK – feldspar vein in crushed stone (macadam) quarry (settlement of Stroiteley, Miass). An. 1–5, 8–13 – gravimetric chemical analysis, An. 6–7 – JXA-733 Geol microprobe, analyst E.I. Churin. H.a. – not analyzed; dash - not determined. Li, Rb, and Cs were not analyzed.

12

Таблица I

МИНЕРАЛОГИЯ № 1 2016

товатым. Приближенный к стехиометрическому флогопит более светлый, коричневый. Показатель преломления nm колеблется от 1.577 в высокофтористом флогопите из копи 13 до 1,630 в высокомагнезиальном биотите из гранитных пегматитов.

Флогопит образует пластинчатые, листоватые, редко – толстотаблитчатые выделения, размер которых в пегматитах достигает нескольких сантиметров. В сиенитовых и амфиболовых пегматитах флогопит парагенетически ассоциирует с амфиболами, иногда – с оливином, карбонатом. В гранитных пегматитах высокомагнезиальные слюды встречаются в ранних аплитовых и графических зонах, где парагенны с полевыми шпатами. Следует отметить, что магнезиальные слюды больше характерны для метаморфических пород, вмещающих пегматитовые жилы – амфиболитов, гнейсов, кварцитогнейсов селянкинской, ильменогорской и саитовской серий пород (Баженов, Иванов, 1976; Рассказова, 1987; Мурдасова, 2009ф и др.).

Химический состав и кристаллохимические формулы флогопитов из пегматитов приведены в таблице 1. Для всех флогопитов из пегматитов характерно повышенное содержание фтора и невысокие содержания титана, по сравнению с биотитами с преобладанием аннитового минала (см. раздел аннит).

Флогопиты характерны для жил пегматитов амфибол-слюдистого состава копи 13, которые различными авторами трактуются как горнблендитпегматиты (Минералы, 1949), апогипербазитовые фениты (Поляков, Недосекова, 1990) и карбонатноультраосновные пегматиты (Попов, 2004), а также для слюдитов и амфибол-флогопитовых, оливинфлогопитовых пород жилы № 97. Флогопиты описаны в составе крупнокристаллических кальцифиров копи 15, вмещающих серию субсогласных пегматитов сиенитового состава (Баженов, Иванов, 1976) (см. рис. 2).

Наиболее приближены по составу к флогопитам слюды из копей 13 и 97 (ан. 3–7, см. табл. № 1). При сходстве химического состава они отличаются друг от друга вариациями содержаний калия и натрия, а также соотношениями окисного и закисного железа, что объясняется различиями локальных минеральных ассоциаций, описанными В.О. Поляковым, И.Л. Недосековой (1990) и В.А. Поповым (2004).

Слюды с преобладанием флогопитового минала установлены в пегматитах нефелин-полевошпатового и полевошпатового состава (ан. 8–11, см. табл. № 1),

где они концентрируются в контактах нефелин-полевошпатовых жил, формируют шлирообразные выделения, линзы в полевошпатовых телах.

Для гранитных пегматитов наиболее высокие содержания магния фиксируются в тёмных слюдах из жил копей № 257 и 255, залегающих в гипербазитах Няшевского массива (ан. 1, 2, см. табл. № 1). Соотношение катионов позволяет отнести эти слюды к минеральному виду «флогопит», ряду флогопит – истонит, сидерофиллит – биотит. Для флогопита из жилы копи 255 характерно максимальное содержание марганца 2.5 мас. % MnO, а также щелочных металлов (данные В.А. Попова, мас. %): Li₂O 1.08, Rb₂O 2.20, Cs₂O 0.004. Высокомагнезиальная тёмная слюда, содержащая 3.0 мас. % Rb₂O, описана в жиле амазонитового пегматита копи 38 М.П. Смирновой (1945). Высокое содержание воды и трёхвалентного железа, относительно низкие щелочных катинов во флогопите из копи 257 объясняются частичной вермикулитизацией.

Для флогопитов из различных типов пегматитов характерны вариации соотношения магния и железа, и незначительное, в целом, содержание алюминия в октаэдрическом слое и близкие к 1 – в тетраэдрах. Часто при расчёте кристаллохимических формул дефицит алюминия в тетраэдрических позициях формально компенсируется вхождением Fe^{3+} или Ti^{4+} , но прямые доказательства такого замещения получены не были. Степень заселённости октаэдрического слоя близка к 3, лишь в одном случае она опускается до 2.65, что согласуется с преобладанием политипной модификации 1Md. В части слюд с повышенным содержанием Fe^{3+} в позиции (OH) присутствует кислород.

Тетраферрифлогопит К(Mg,Fe²⁺)₃(Fe³⁺Si₃O₁₀) (OH)₂ диагностирован в карбонатных прожилках, рассекающих пегматит форстерит-флогопитового состава копи № 97 В.О. Поляковым и И.Л. Недосековой (1990) по оптическим свойствам (обратной схеме абсорбции). Однако, химический состав этой слюды не соответствует тетраферрифлогопиту, т.к. содержит недостаточно окисного железа в тетраэдрической позиции (ан. 3, см. табл. № 1).

Аннит $K(Fe^{2+},Mg)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Слюды с преобладанием аннитового минала, по имеющимся неполным данным, кристаллизуются в политипных модификациях 1Md, 1M и 2M₁, часто – в виде смеси политипов (Баженов и др., 1988; Рассказова, Котляров, 1994; Мурдасова, 2007ф).

Слюды с преобладанием железа над магнием ранее разделялись на чёрные, слабо просвечивающие

(\mathbf{V}
۱ E	<u> 1 аолица</u>

14

Table 2

Состав аннитов из пегматитов Ильменского заповедника (мас. %)

					Comp	osition o	f annite	from f	egmat	ites of 1	the IIm	eny Sta	ite Reser	ve (wt.	(%		7 10016 7
<u>№</u> ан.	<u>№</u> КоПИ	Тип жил	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H2O ⁺	F	F=02	Сумма	Ссылки
1	16c	1	35.05	2.42	18.66	6.45	15.87	0.43	6.35	0.40	0	8.80	4.93	1.00	0.42	99.94	Леванов, ф*
7	232	1	35.37	1.30	19.74	2.56	17.35	0.80	6.54	0.64	0.31	10.00	2.66	1.77	0.74	98.30	Попова, Леванов, 1980
ю	409	1	35.51	2.42	18.79	0.25	17.81	0.50	3.70	0	0.20	8.15	4.99	2.45	1.03	93.74	Белогуб, 1994ф
4	6/н	3	35.85	3.83	16.52	5.22	16.84	0.14	69.9	0.20	0.26	8.96	3.48	0.33	0.14	98.18	Рассказова, ф*
5	Н/9	7	36.01	3.47	15.30	5.03	16.62	0.21	7.91	0.15	0.25	9.23	3.79	1.22	0.51	98.68	Рассказова, ф*
9	234	e	35.83	1.49	13.92	4.62	20.29	5.60	2.13	0.14	0.25	8.48	1.87	5.00	2.10	97.52	Попов и др., 1980ф
7	394	б	37.91	0.09	21.14	2.32	18.32	2.98	0.24	0.20	0.25	6	1.85	4.06	1.71	96.65	Попов и др., 1980ф
8	107	4	33.27	4.40	15.86	5.93	22.29	1.16	4.52	0.03	0.38	9.04	1.85	1.12	0.47	99.38	Попов и др., 1980ф
6	120-II	4	33.43	3.33	19.53	5.54	20.83	2.06	2.29	0.12	0.37	8.72	3.40	0.24	0.10	99.76	Попов и др., 1980ф
10	189	4	33.80	3.45	15.23	7.42	20.15	1.49	6.00	I	0.42	8.72	2.71	1.10	0.46	100.03	Попов и др., 1980ф
11	9	4	32.77	5.83	13.58	5.53	25.32	0.94	4.93	0.72	I	8.21	0.71^{**}	H.a.			Постоев, 1949а
12	299	S	32.90	1.87	21.43	2.34	24.37	1.39	2.63	0	0.25	8.40	2.52	0.52	0.22	98.40	Попов и др., 1980ф
13	ı	5	31.08	3.8	19.41	3.67	23.59	1.77	2.58	0.49	2.82	4.24	4.50	Н.а.			Постоев, 1949а
					H	ζристалл	охимиче	ские фс	pmyлы	рассчи	таны на	cymmy	зарядов =	: 22)			
1	$(K_{0.86})$	Ca _{0.03}) _{0.}	$({\rm Fe}^{2^+}_{1.0})$	${}_{02}Mg_{0.73}F$	${\rm M}_{0.38}{\rm Fe}^{3+}_{-0.2}$	$_{\mathrm{V7}}\mathrm{Ti}_{0.14}\mathrm{Mn}_{\mathrm{O}}$	$(A]_{2.67}$	$ _{1.31}Si_{2.69}C$	HO))((OH	$I_{1.76}F_{0.24}$	$)_{2.00}$						
7	$(K_{0.98})$	Na _{0.05} C	$[a_{0.05})_{1.08}($	$\mathrm{Fe}^{2+}_{1.12}\mathrm{N}$	$1g_{0.75}Al_{0.52}$	$Fe^{3+}_{0.15}Ti_{0.15}$.08Mn _{0.05})	$_{2.66}(Al_{1.28})$	$Si_{2.72}O_{10}$)((OH) ₁	${}_{57}\mathrm{F}_{0.43})_{2.0}$	0					
3	$(K_{0.85})$	$Na_{0.03})_{0.03}$	$({\rm Fe}^{2+}_{1.})$	${}_{22}Al_{0.72}M$	lg _{0.45} Ti _{0.15}	$Mn_{0.03}Fe^{3-}$	$^{+}_{0.02})_{2.59}(A$	$\mathbf{J}_{1.28} \mathbf{Si}_{2.72}$	O ₁₀)((OI	$H_{1.57}F_{0.4}$	$_{3})_{2.00}$						
4	$(K_{0.88})$	Na _{0.04} C	$a_{0.02})_{0.94}$	$\mathrm{Fe}^{2+}_{1.08}\mathrm{N}$	$1g_{0.77}Fe^{3+}$	30Al _{0.26} Ti _{0.}	$Mn_{0.01}$	$^{2.64}(\mathrm{Al}_{1.24})$	${\rm Si}_{2.76}{\rm O}_{10}$)((OH) ₁	$^{79}O_{0.11}F_0$	$(08)_{2.00}$	O pacc	нитан п	о недос	татку ани	аонов в позиции (ОН)
5	$(K_{0.91})$	Na _{0.04} C	$a_{0.01})_{0.96}$	$\mathrm{Fe}^{2+}_{1.08}\mathrm{N}$	$1g_{0.91}Fe^{3+}$	²⁹ Al _{0.18} Ti ₀ .	$Mn_{0.01}$	$^{2.68}(Al_{1.21}$	${\rm Si}_{2.79}{\rm O}_{10}$)((OH) ₁	$(10^{70} F_{0.30})_{2.0}$	0					
9	$(K_{0.89})$	Na _{0.04} C	$a_{0.01})_{0.94}$	$\mathrm{Fe}^{2+}_{1.39}\mathrm{N}$	$1n_{0.39}Mg_{0.2}$	${}_{6}Fe^{3+}_{0.28}A$	$1_{0.27} Ti_{0.09}$	$^{2.69}(Al_{1.07}$	${\rm Si}_{2.93}{\rm O}_{10}$)(F _{1.29} (O	$(H)_{0.71})_{2.0}$	0					
7	$(K_{0.90})$	Na _{0.04} C	$a_{0.02})_{0.95}$	$\mathrm{Fe}^{2^+}_{1.20}\mathrm{A}$	$J_{0.92} Mn_{0.20}$	$\mathrm{F}e^{3+}_{0.14}\mathrm{M}_{\mathrm{E}}$	5 _{0.03} Ti _{0.01})	$^{2.49}(\mathrm{Al}_{1.07})$	${\rm Si}_{2.93}{\rm O}_{10}$)(F _{1.01} (O	$(H)_{0.99})_{2.0}$	0					
8	$(K_{0.90})$	Na _{0.06})	$_{.96}({\rm Fe}^{2+}_{1.}$	${}^{46}Mg_{0.53}F$	$e^{3+}_{0.35} Ti_{0.2}$	$_{6}\mathrm{Mn}_{0.08}\mathrm{Al}_{0}$	$(A)_{2.74}(A)$	$l_{1.39}Si_{2.61}$	O))((OF	$O_{0.97}O_{0.7}$	$F_{0.28}$) _{2.00}			II IIOLEII	ооден о	III O MALEOL	
6	$(K_{0.82})$	Na _{0.06} C	$\left(a_{0.01}\right)_{0.94}$	$\mathrm{Fe}^{2^+}_{1.36}\mathrm{A}$	$1_{0.40} \mathrm{Fe}^{3+}_{0.32}$	2Mg _{0.27} Ti _{0.}	$Mn_{0.14}$	$_{2.67}(Al_{1.40}$	${\rm Si}_{2.60}{\rm O}_{10}$)((OH) ₁	$_{77}O_{0.17}F_{0.17}$	$(06)_{2.00}$	C parc	и натан ш	ט הכקטר	татку анк	тонов в позиции (О11)
10	$(K_{0.87})$	$Na_{0.06})_0$	$_{.93}(\mathrm{Fe}^{2+}_{1.})$	${}_{31}{\rm Al}_{0.03}{\rm F6}$	e ³⁺ 0.44Mg _{0.7}	70 Ti _{0.34} Mn	$(A)_{0.10})_{2.78}(A)$	l _{1.37} Si _{2.63} (O))((OF	$I_{1.41}O_{0.4}$	${}_{2}F_{0.27})_{2.00}$						
11	$(K_{0.82})$	$Na_{0.06})_0$	$.88(\mathrm{Fe}^{2+}_{1.})$	${}_{66}{\rm Fe}^{3+}{}_{0.17}{}^{ m J}$	$Mg_{0.58}Ti_{0.3}$	${}^{4}{\rm Mn}_{0.06})_{2.8}$	$_{\rm I}({\rm Al}_{\rm 1.26}{\rm Si})$	$^{2.58}{\rm Fe}^{3+}_{0.1}$	₆ O ₁₀)(O]	H) _{2.00}			Содеря (ОН) п	сания в о стехи	оды по ометриі	анализу з 4	начительно занижены,
12	(K _{0.84}	Na _{0.04})0.	$(Fe^{2+}_{1,})$	${}_{60}\mathrm{Al}_{0.56}\mathrm{F_6}$	$e^{3+}_{0.14}Mg_{0.1}$	31 Ti _{0.11} Mn	$(A)_{2.81}$	$ _{1,42}Si_{2.58}$	O))((OF	() _{1.32} O _{0.55}	$(F_{0.13})_{2.00}$						
13	$(K_{0.43})$	Na _{0.44} C	$a_{0.04})_{0.91}$	$\mathrm{F}e^{2+}$	$1_{0.32} {\rm Fe}^{3+}_{0.22}$	${}_{2}Mg_{0.31}Ti_{0.31}$	$Mn_{0.12}$	$_{2.78}(\mathrm{Al}_{1.51}$	${\rm Si}_{2.49}{\rm O}_{10}$	$(OH)_{2.0}$	0						

МИНЕРАЛОГИЯ № 1 2016

Белогуб Е.В., Рассомахин М.А., Попов В.А.



Рис. 3. Синтаксические сростки слюд.

а – срастание биотита и мусковита, гранитный пегматит копи 232; б – срастание биотита и мусковита, идеализированный чертёж; в – срастание биотита и полевого шпата, идеализированный чертёж. Фото и чертёж: В.А. Попов. *Fig. 3.* Sintaxic intergrows of micas.

a – biotite and muscovite, granite pegmatite of the mine no. 232; 6 – idealized biotite and muscovite; B – idealized biotite and feldspar. Photo and sketches: V.A. Popov.

хрупкие лепидомеланы (Постоев, 1949б) и просвечивающие бурым, зеленоватым более эластичные биотиты (Постоев, 1949а). Согласно современной классификации, обе разновидности должны быть отнесены к аннитам.

Лепидомелан характерен для миаскитовых и сиенитовых (полевошпатовых и корундовых) пегматитов, в которых он образует листоватые и пластинчатые агрегаты в лейкократовых алюмосиликатах. Размеры кристаллов лепидомелана могут достигать нескольких десятков сантиметров. Показатели преломления Ng = 1.586 до Ng = 1.638, угол 2V близок к нулю (Постоев, 1949б).

Биотит широко распространён во всех типах пегматитовых жил. Он образует таблитчатые кристаллы, листоватые и шлирообразные агрегаты, реже толстотаблитчатые кристаллы с гексагональным сечением, иногда замещается мусковитом. В миаскитовых и сиенитовых (полевошпатовых, корундово-полевошпатовых) пегматитах может присутствовать как в зальбандовых, так и в центральных частях жильных тел. В миаскитовых пегматитах кристаллы биотита достигали веса 60 кг (копь 8, кристалл добыт в 1842 г), (Постоев, 1949а). В пегматитах гранитного состава биотит развивается в ранних аплитовых и графических зонах, в некоторых жилах также в блоковой и кварцальбитовой. Крупные мечевидные кристаллы биотита с многочисленными включениями граната, минералов редких земель и малакона, в блоковой зоне амазонитового пегматита копи 50 достигали 30 см по максимальному измерению (Богомолова, Фоминых, 1960). В гранитном пегматите копи 232 В.А. Поповым описаны синтаксические сростки биотита с мусковитом, биотита и полевого шпата (рис. 3).

Многочисленные измерения показателей преломления ильменских биотитов дают широкий разброс значений: Np = 1.58-1.62, Ng = 1.63-1.68. Как правило, ильменские биотиты оптически близки к одноосным.

Тёмные слюды с преобладанием аннитового минала из пегматитов характеризуются широкими вариациями состава (табл. 2). В составе биотитов, как правило содержания $Al^{IV} > 1$, что определяет их принадлежность к изоморфному ряду аннит (флогопит) – сидерофиллит (истонит). Заселенность октаэдрического слоя варьирует от 2.49 до 2.81, при этом для гранитных и корундово-полевошпатовых пегматитов обычны достаточно высокие содержания Al^{IV} наряду с повышенным содержанием Al^{IV} , что согласуется с более частой встречаемостью политипной модификации $2M_1$ по сравнению с флогопитами. Наиболее близкий к *сидерофиллиту* **КFe²⁺Al(Al₂Si₂O₁₀)(OH)**₂, химический состав имеет слюда из корундово-полевошпатовой жилы окрест-

Примечание к таблице 2. Тип пегматита: 1–3 – гранитный, 1 – редкометалльно-мусковитовый, 2 – керамический, 3 – амазонитовый, 4 – миаскитовый, 5 – корундово-полевошпатовый, 6 – сиенитовый. *) не опубликованные данные, **) H₂O⁻ 0.85. Все анализы выполнены классическим химическим методом. Н.а. – не анализировалось, прочерк – элемент не обнаружен. Li, Rb, Cs не анализировались.

Note. Type of pegmatite: 1-3 – granitic, 1 – rare metal-muscovite, 2 – ceramic, 3 – amazonite, 4 – miaskite, 5 – corundum-feldspar, 6 – syenite. *) unpublished data, **) $H_2O^-0.85$. Gravimetric chemical analysis. H.a. – not analyzed; dash – not determined. Li, Rb, and Cs were not analyzed.



Рис. 4. Кристаллы слюд с искривлённым базопинакоидом – «барботов глаз».

a – копь 410; б – копь 79. Фото: В.А. Попов. *Fig. 4.* Mica crystals with curved base pinacoid – «Barbot's eye».

a – mine no. 410, b – mine no. 79. Photo: V.A. Popov.

ностей дер. Селянкино (ан. 13 табл. № 2). Однако, в этом анализе наблюдается примерно равное соотношение калия и натрия, что по-видимому, отражает влияние гипергенеза.

Типичным для тёмных слюд пегматитов гранитного состава, особенно – амазонитовых, является повышенное содержание фтора, марганца и, по-видимому, рубидия, для щелочных пегматитов – титана.

Литиевые слюды

Циннвальдит $K(Li,Fe^{2+},Al)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ Полилитионит (K,Rb)(Li(Li,Fe²⁺,Mn)Al)_3(Si_4O_{10}) (F,OH)_2

Macymomunum (K,Rb)(Li,Mn^{3*}Al)₃(AlSi₃O₁₀) (F,OH)₂

Слюды с повышенным содержанием лития и других редких щелочей диагностированы только в пегматитах гранитного состава – амазонитовых и редкометально-мусковитовой жиле копи № 255, залегающей в гипербазитах Няшевского массива.

В амазонитовых пегматитах литий-содержащие слюды образуют несколько морфологических типов. Наиболее распространены призматические кристаллы с ромбическим или гексагональным сечением размером от первых миллиметров до первых сантиметров. Часто в них наблюдается искривление поверхности базопинакоида, т.н. структура «барботов глаз» (рис. 4). Цвет таких кристаллов тёмный, буровато-серый, серебристый, в тонких сколах – буровато-зелёный. Наблюдается оптическая зональность, реже – секториальность распределения окраски. Агрегаты таких слюд характерны для блоковой зоны пегматитовых тел, иногда они встречаются также в грубографической и альбитовой зонах. В жиле копи 77 отмечались конусовидные кристаллы тёмно-бурого цвета, синхронные с амазонитом блоковой зоны, с плоским началом, сферической серединой и блочно-мозаичной головкой. В копи 395 на границе амазонитовой блоковой зоны и кварцевого ядра были встречены агрегаты листоватых желтовато-бурых выделений предположительно циннвальдита, размер которых достигал 8 см по максимальному измерению (Поляков, 1983). В пегматите копи 85 в парагенезисе с блоковым амазонитом встречены таблитчатые кристаллы с фрагментами огранки и близким к гексагональному сечением, размер которых в плоскости базопинакоида достигал 7 см.

Слюда, состав которой приближается к масутомилиту, была найдена при расчистке гранитного пегматита копи 255 в виде листоватых кристаллов интенсивного лилово-розового цвета. В этой же копи тонкочешуйчатые розовые слюды, идентифицированные как лепидолиты, были найдены в трещинках альбита блоковой зоны.

Большинство изученных слюд с повышенным содержанием лития кристаллизуется в упорядоченной политипной модификации 1М, крайне редко – 2М, (Белогуб, Котляров, 1993).

По химическому составу литиевые и литийсодержащие слюды из амазонитовых пегматитов могут быть рассмотрены в рамках практически непрерывного изоморфного ряда аннит – циннвальдит – полилитионит – литиевый алюмоселадонит. Отнесение какого-либо анализа к определённому минеральному виду затруднено из-за сложного состава слюд. Анализы с максимальными зафиксированными содержаниями лития приведены в таблице № 3. На основании состава октаэдрического слоя, по формальным признакам большинство из них соответствуют циннвальдиту. Э.А. Гойло (2005) для призматического кристалла слюды приводит следующую формулу $(K_{0.96}Na_{0.04})_{1.00}(Al_{1.01})$ $Li_{0.84}Fe_{0.67}Mn_{0.32})_{2.84}(Si_{3.18}Al_{0.82})_{4.00}O_{10})(F_{1.36}(OH)_{0.64})_{2.00}$ Анализы 1 и 11 (табл. № 3) формально отвечают железистому и марганцовистому полилитиониту соответственно. Максимально приближен к масутомилиту анализ 12, см. табл. № 3.

Для слюд амазонитовых пегматитов типоморфными являются высокие концентрации рубидия, марганца и фтора. Установлена значимая положи-

\mathcal{C}	
а	
'n	
nı	
õ	
a_{1}	

Состав литиевых слюд из гранитных пегматитов Ильменского заповедника (мас. %)

$\tilde{\mathbf{\omega}}$		ф																			-							<u>o</u>		'n.
Table	Ссылки	Попов и др., 1980	Eenory6, 1994	3 1	, , ,	; ,	3 1	3, I 1	;,-	, , ,	; ,	; ,	Белогуб, 1992	Зарайский и др., 2007														к – не обнаружен		nemical analysis, A
	Сумма	101.72	99.22	100.15	99.31	100.32	99.58	99.35	99.78	99.25	99.21	98.90	97.75	99.78														прочер		netric ch
	Ц	6.30	4.30	7.22	5.76	6.21	6.82	6.27	8.48	6.75	7.37	8.04	6.71	5.35														алось,		gravir
(%	$\mathrm{H_2O^+}$	1.16	1.48	2.41	1.84	2.95	2.32	2.89	1.64	1.48	1.66	0.66	0.71	2.91														изиров		-12 -
'e (wt.	Cs_2O	0.13	0.12	Ι	0.32	I	Ι	I	0.23	0.19	0.19	0.66	0.62	ZnO	22)													е анали		l. An.]
Reserv	Rb ₂ O	1.94	1.20	1.24	2.18	1.49	1.51	1.42	1.80	1.69	1.85	1.56	0.92	0.57	= водв			$(.43)_{2.00}$	$(0.02)_{2.00}$	$(0.29)_{2.00}$		0						Н.а. – н		termined
y State	Li ₂ O	6.48	1.73	2.77	2.34	1.90	2.71	2.40	2.74	2.79	2.90	3.86	4.75	I	MMY 3ap	$(\mathrm{I})_{0.64})_{2.00}$		(HO)	(HO) _{86.1}	(HO) _{17.1}	$)_{2.00}$	$(H)_{0.31})_{2.0}$	$(H)_{0.66})_{2.00}$	$)_{2.00}$	$)_{2.00}$			вый. Н		- not de
Ilmen	K ₂ O	9.30	8.72	9.13	8.72	8.47	9.16	9.26	9.45	9.30	10.35	9.12	9.45	8.24	ы на су	$(F_{1,36}(OF))$	0	$^{24}O_{10})(F$	$^{24}O_{10})(F$	^{.26} O ₁₀)(F	(OH) _{0.97})(F _{1.69} (O	$(F_{1.34}(O))$	(OH) _{0.54}	$(OH)_{0.40}$	$_{0.26})_{2.00}$		сковито		l; dash -
s of the	Na ₂ O	0.30	0.42	0.16	0.35	0.22	0.20	0.25	0.25	0.20	0.21	0.20	0.16	0.34	ссчитан	$Si_{3,33}O_{10}$	$(H)_{0.54})_{2.0}$	$[Al_{0.76}Si_3]$	$[Al_{0.76}Si_3]$	$[Al_{0.74}Si_3]$	$O_{10}(F_{1.03})$	$Si_{3.20}O_{10}$	$Si_{3.14}O_{10}$	O ₁₀)(F _{1.46}	$O_{10}(F_{1.60})$	(OH)	$\left(I \right)_{0.50} \right)_{2.00}$	пьно-му		analyzed
matite	CaO	0.30	I	0.10	I	I	Ι	I	0.25	0.30	0.10	I	I	I	улы (ра	$_{3}(Al_{0.67})$	(F _{1.46} (O	$i_{0.01})_{2.76}$	$i_{0.01})_{2.73}$	$i_{0.01})_{2.73}$.16Si _{2.94}	$_{76}(Al_{0.80}$	$_{74}(Al_{0.86}$. ₇₇ Si _{3.23}	. ₇₈ Si _{3.22}	$O_{10}O_{10}$	F1.50(OF	комета.		– not a
m peg	MgO	1.73	1.04	0.16	0.83	0.12	0.18	I	0.13	0.36	0.24	0.03	I	3.00	mqoф :	5 Ti _{0.01}) _{3.}	i _{3.18} O ₁₀)	e^{3+} 0.03	Mg _{0.01} T	Mg _{0.03} T) _{2.79} (Al	$Ti_{0.02}$) ₂	Ti _{0.03}) _{2.}	$)_{2.59}(AI_{0})$	$)_{2.77}(AI_{0})_{2$	$I_{0.70}Si_{3.2}$	()(0101)(1)	ый ред		е. Н.а.
ica fro	MnO	4.10	4.44	5.94	3.62	4.93	5.56	2.89	3.86	3.38	3.76	5.58	7.70	8.70	ические	${}_{18}{\rm Fe}^{3+}_{0.0}$	$(Al_{0.82}S)$	$Mg_{0.04}$	${}^{4}\mathrm{Fe}^{3+}_{0.05}$	${}_{3}^{3+}$ Fe ³⁺ 0.05	50.12 Ti 0.07	$M_{0.0}^{\rm M}$.08Mg0.0	${}_{03}{\rm Mg}_{0.01}$	${}_{02}{\rm Mg}_{0.02}$	(A) _{2.87}	$Al_{0.59}Si_3$	анитнь	озонд.	nuscovit
of Li m	FeO	4.58	14.26	6.65	10.78	7.89	8.60	8.57	9.79	10.87	9.54	4.67	1.08	19.13	ШИХОЦП	$n_{0.24}Mg_0$	e ³⁺ 0.15) _{2.66}	$^{-0.67}_{-0.02}$ Mn $^{-0.2}_{-0.2}$	$^{-0.60}_{-0.2}$ Mn $^{-0.2}_{-0.2}$	$^{-}_{0.59} Mn_{0.2}$	e ³⁺ 0.22 Mg	$n_{0.37} Fe^{3+}$	$n_{0.23} Fe^{3+}$	e ³⁺ Ti ₀ .	e ³⁺ Ti _{0.03}	⁺ _{0.28} Fe ³⁺	$(^{+}_{0.11})_{2.92}(.$	i, $2 - r_{\rm f}$	– микр	metal-n
sition	Fe ₂ O ₃	1.03	3.94	2.63	1.44	3.28	0.62	2.63	0.89	0.61	0.85	2.42	H.a.	H.a.	Криста	$e^{2^+}_{0.26}M$	Mn _{0.18} F6	$\mathrm{Li}_{0.83}\mathrm{Fe}^{2^+}$	$\operatorname{Li}_{0.81}\operatorname{Fe}^{2^+}$	$\mathrm{Li}_{0.86}\mathrm{Fe}^{2^+}$	$Mn_{0.28}F$	$e^{2^+}_{0.41} M$	$e^{2^+}_{0.66}M_1$	Mn _{0.31} F	Mn _{0.35} F	$\Lambda n_{0.34} Fe^2$	$\Lambda n_{0.46} Fe^2$	нитовый	з, ан. 13	2 – rare
Compc	Al ₂ O ₃	18.11	19.49	20.37	20.81	20.31	20.56	21.96	20.13	20.04	19.83	19.92	20.19	12.50		${\rm I}_{0.79}{\rm Al}_{0.79}{\rm I}_{0.79}{\rm $	$^{-71}{\rm Fe}^{2+}_{0.51}$	$_{96}(Al_{0.98})$	$[04]{(A1_{1.00}]}$	$[10^{-10}(Al_{0.97})]$	$I_{0.67}Li_{0.52}$	${\rm H}_{0.97}{\rm Li}_{0.82}{\rm H}_{0.82}$	1.95Li _{0.69} F	$_{.57} \mathrm{Fe}^{2+}_{0.46}$	${}_{.81}^{\rm He}{\rm Fe}^{2+}_{0.51}$	¹² Al _{0,99} N	.35Al _{1.00} N	- aMa30F	й анали	zonite, 2
	TiO ₂	0.11	1.25	0.33	0.58	0.53	0.28	0.07	0.12	0.12	0.12	I		0.29		$(Li_{0.96}(Li_{10})$	$[Al_{1.09}Li_0]$	$Cs_{0.01}^{0.01}$	$Cs_{0.01}^{(100)}$	$Cs_{0.01}^{(100)}$	${\rm Fe}^{2+}_{0.90}{\rm A}$	$(A]_{0.95}$	$(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(AI_{0.98}(A)_$	$Al_{1.00}Li_0$	$Al_{1.01}Li_0$	$(12)_{0.96}$ (Li	$(12)_{0.93}$ (Li	ита: 1 –	BecoBol	– ama:
	SiO_2	48.80	39.00	43.27	42.63	43.56	43.55	43.24	43.95	44.06	44.45	45,68	48.28	38.75		Va _{0.04} Ca _{0.}	$b_{0.07})_{0.97}$	$\operatorname{Va}_{0.03}\operatorname{Ca}_{0.01}$	Va _{0.04} Ca _{0.}	$\operatorname{Va}_{0.03}\operatorname{Ca}_{0.01}$	Na _{0.06}) _{0.96} ($\operatorname{Na}_{0.02}\operatorname{Ca}_{0.02}$	Va _{0.05} Cs _{0.0}	$(a_{0.03})_{0.90}$	$Va_{0.03})_{0.96}$	Va _{0.03} Cs _{0.0}	Va _{0.02} Cs _{0.0}	пегмат	ический	matite:] ysis.
	Тип жил	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1		${}_{1}\mathrm{Rb}_{0.09}$	$_{7}\mathrm{Na}_{0.04}\mathrm{F}$	$_{7}\mathrm{Rb}_{0.08}$	Rb _{0.09} R	${}_{7}\mathrm{Rb}_{0.09}\mathrm{N}$	⁴ Rb _{0.06}	₆ Rb _{0.06} N	$^2_{2}\mathrm{Rb}_{0.10}$	${}_0^{\rm Rb}{}_{0.07}^{\rm L}$	${}_{6}^{\rm Rb}{}_{0.07}^{\rm h}$	${}_4^{\rm Rb}_{0.07}^{\rm h}$	₅ Rb _{0.04} N	ие. Тип	— ХИМ	of peg be anal
	<u>№</u> КоПИ	55	70	70	71	LL	85	395	395	395	395	410	255	270		$(\mathrm{K}_{0.8}$	$(K_{0.8})$	$(K_{0.8}$	$(\mathrm{K}_{0.8}$	$(K_{0.9})$	$(K_{0.8})$	$(K_{0.8}$	$(K_{0.8}$	$(K_{0.8})$	$(K_{0.8}$	$(K_{0.8})$	$(K_{0.8}$	имечани	3bI 1–12	<i>te</i> . Type ucropro
	M⁰ aH.	1	2	ю	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13		-	2	б	4	5	9	7	8	6	10	11	12	Mp_{I}	Анали	Noi 13 – n

МИНЕРАЛОГИЯ № 1 2016



Рис. 8. Обрастание плоских кристаллов слюд искажёнными.

а – скорлуповатый литиевый мусковит-алюмоселадонит на биотите, состав соответствует рис. 76. Копь 412; б – расщеплённый мусковит на циннвальдите (?). Копь 395. Фото: М.А. Рассомахин.

Fig. 8. Rims of distorted micas over platy crystals: a - shelly Li muscovite-aluminoseladonite on biotite. Mine no. 412; 6 - split muscovite on zinnvaldite. Mine no. 395. Photo: M.A. Rassomahin.

тельная корреляция в парах Li₂O – F, Li₂O – Rb₂O, Li₂O – MnO во всем диапазоне составов (рис. 5). По соотношению содержаний $Al_2O_2 - (Fe_2O_2 + FeO), Al^{vi}$ $-Al^{IV}$, Al^{IV}/Al^{IV} в зависимости от концентрации фтора «тёмные» триоктаэдрические слюды ряда биотит-циннвальдит и «светлые» диоктаэдрические, принадлежащие ряду мусковит-алюмоселадонит (см.разделы мусковит, алюмоселадонит) образуют два различных тренда, пересекающиеся в области высокофтористых литиевых слюд, заселенность октаэдрического слоя в которых часто промежуточная ди-триоктаэдрическая (см. рис. 5). В пределах отдельных пегматитовых тел состав слюд закономерно эволюционирует с общей направленностью от биотитов (аннитов) в графической зоне через литиевые разновидности к алюмоселадонитам в блоковой, друзовой и кварц-альбитовой зонах. Рассмотрение всей совокупности анализов по всем жильным телам показывает, что концентрации фтора, редких щелочей и марганца достигают максимума в триоктаэдрических или близких к этому слюдах друзовой блоковой, грубо-графической зон (рис. 6). Описанные закономерности хорошо объясняются с кристаллохимических позиций и соответствуют тенденциям, описанным для редкометальных гранитов и пегматитов (Лапидес и др., 1977).

В тёмных слюдах из амазонитовых пегматитов иногда наблюдаются повышенные концентрации цинка. Так, в призматической слюде копи 77 содержания ZnO достигали 1.55 мас. % (Белогуб, 1994ф, микрозонд). В слюде из амазонитового гранита с пегматоидными обособлениями (копь 270) микрозондовым анализом содержания ZnO достигли 2.9 мас. %. Повышенные концентрации фтора позволяют предположить, что была проанализирована литий-содержащая слюда (ан. 12, см. табл. 3) (Зарайский и др., 2007). Высокие содержания цинка определены и в циннвальдите из миаролы амазонитового пегматита батолита Пайкс Пик, США (Загорский и др., 1999).

Изменения состава оптически зональных слюд из блоковой зоны амазонитовых пегматитов, в целом, подчиняется общим закономерностям эволюции слюд в амазонитовых пегматитах (рис. 7). Встречаются эпитаксические сростки, в которых на таблитчатые кристаллы триоктаэдрических слюд нарастают скорлуповатые агрегаты диоктаэдрических слюд (рис. 8). Гетерометрия кристаллической решетки, вероятно, и приводит к искажению формы. Диоктаэдрические высокофтористые (до 4.12 мас. %) литий-содержащие (?) мелкочешуйчастые мусковит-алюмоселадониты образуются на завершающих стадиях образования пегматитов в занорышах (рис. 9), где они ассоциируют с турмалином (см. рис. 9 а), топазом и бериллом (см. рис. 9 б).

Нанпинит CsAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH,F)₂ в виде зоны мощностью первые микроны в зональном кристалле цезий-содержащего алюмоселадонита был определен Э.А. Гойло с соавторами (2005) в кварцальбитовом агрегате жилы амазонитового пегматита копи 50. Формула нанпинита, рассчитанная по данным микрозондового анализа, следующая (Cs_{0.78}K_{0.15}Na_{0.05})_{0.98}(Al_{1.27}Mn_{0.33}Fe_{0.28})_{1.88}(Si_{3.67}Al_{0.33})_{4.00}F₂. Содержания лития не определялись.

«Светлые» диоктаэдрические слюды

Мусковит KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂. Светлые диоктаэдрические слюды распространены во всех типах пегматитов Ильменских гор. Мусковит встречается в виде таблитчатых и призматических кристаллов с ромбическим и гексагональным сечением, двойников (см. рис. 2), листоватых агрегатов. Известны случаи замещения биотита мусковитом, так же, как



Рис. 5. Соотношение алюминия в октаэдрических и тетраэдрических позициях (а) и изменение этого соотношения в зависимости от концентрации фтора (б) в слюдах из амазонитовых пегматитов.

Зоны пегматитов (от поздних к ранним): 1 – кварц-альбитовая, 2 – друзовая, 3 – блоковая, 4 – грубографическая (мелкоблоковая), 5 – графическая, 6 – аплитовая (Белогуб, 1994ф).

Fig. 5. Correlation of aluminum in octahedral and tetrahedral positions (a) and its variations depending on the F conntent (b) in mica from amazonite pegmatites.

Zones of pegmatite (late to early): 1 – quartz-albite, 2 – drusy, 3 – blocky, 4 – coarse-graphic (small block), 5 – graphic, 6 – aplite (Белогуб, 1994ф).



Рис. 6. Особенности химического состава слюд из амазонитовых пегматитов.

а-в – все полные химические анализы (N = 41), г – все анализы, включая микрозондовые (N = 103). Условные обозначения см. рис. 5 (Белогуб, 1994 ф).

Fig. 6. Peculiarities of chemical composition of mica from amazonite pegmatites.

a-B-all chemical analyses (N = 41), r-all (including microprobe) analyses (N = 103). For symbols, see Fig. 5 (Белогуб, 1994 ϕ).



Рис. 7. Состав зональных слюд из амазонитовых пегматитов копей.

а – № 50 (блоковая зона); б – № 412 (кварц-альбитовый апографический агрегат). Длина сечения кристалла: а ~ 12 мм, б ~ 14 мм (Белогуб, 1994ф).

Fig. 7. Composition of zonal micas from amazonite pegmatites.

a – mine no. 50 (blocky zone); 6 – mine no. 412 (quartz-albite apographic aggregate). The length of section is ~ 12 (a) and ~ 14 (б) mm (Белогуб, 1994 ϕ).

МИНЕРАЛОГИЯ № 1 2016



Рис. 9. Поздние слюды.

а – мусковит и турмалин из полости амазонитового пегматита; б – мусковит и берилле из занорыша; в – кристаллы позднего мусковита из занорыша с бериллом. Копь 411. СЭМ-фото: И.А. Блинов.

Fig. 9. Late muscovite from the cavity in amazonite pegmatite.

a – muscovite and tourmaline; δ – muscovite and beryl; B – crystals of muscovite. Mine no. 411. SEM-photo: I.A. Blinov.

и синтаксические и эпитаксические сростки этих минералов (Постоева, 1949б; Попова, Леванов, 1980; Попов, Попова, 2006). Как правило, мусковиты бесцветные, серые с желтоватым оттенком, иногда – розоватые. Показатели преломления варьируют: Np = 1.558-1.563, Nm = 1.585-1.599, Ng = 1.597-1.603. Мусковиты отчётливо двуосные, $2V = -40 - -48^{\circ}$ (Минералы..., 1949). В подавляющем большинстве ильменские диоктаэдрические слюды кристаллизуются в политпиной модификации $2M_1$, очень редко в поздних слюдах диагностируются политипы 1M, $2M_2$ и смеси (Белогуб, Котляров, 1993).

В гранитном пегматите копи 232 листоватый мусковит присутствует в кварц-альбитовом агрегате и на границе блокового микроклина и кварцевого ядра, отдельные пачки слюды – в более ранних графических зонах (Попова, Леванов, 1980). В копи 255 светлая слюда окрашена в розоватые оттенки и занимает более позднее, по отношению к полевому шпату, положение (Попова, Леванов, 1980). В пегматите копи 391 бесцветный мусковит в виде гигантских пачек прорастает полевой шпат.

В амазонитовых и родственных им пегматитах светлые слюды встречаются в виде призматических, таблитчатых и тонкочешуйчатых агрегатов. В ранних зонах (аплитовой, графической) мусковит чаще приурочен к секущим трещинкам. В блоковой, друзовой, кварц-альбитовой зонах светлые слюды часто несут признаки одновременного роста с полевыми шпатами и кварцем. В друзовых агрегатах тонкочешуйчатые, иногда скорлуповатые агрегаты светлой зеленоватой слюды могут образовывать присыпки на кристаллах амазонита или альбита.

В миаскитовых пегматитах мусковит сравнительно редок и образует тонкочешуйчатые агрегаты, заполняющие поздние трещины.

В корундово-полевошпатовых пегматитах мусковит встречается в виде пластинчатых выделений в полевых шпатах, синтаксических вростков в корунде (Попов, Попова, 2006) (рис. 10).

В сиенитовых (мусковит-полевошпатовых, полевошпатовых) пегматитах таблитчатые и листоватые выделения мусковита могут достигать размера 10 см и более. В полевошпатовой жиле копи № 56 мусковит окрашен в розовый цвет.

Химический состав светлых слюд описывается изоморфным рядом мусковит-алюмоселадонит (ферроселадонит) (табл. № 4). Как правило, слюды из гранитных пегматитов обогащены фтором, часто содержат редкие щёлочи – Li, Rb, Cs. В них обычно Fe³⁺ преобладает над Fe²⁺. Для светлых слюд из амазонитовых пегматитов типично повышение концентраций марганца. Даже наиболее близкие к мусковиту слюды амазонитовых пегматитов



Рис. 10. Синтаксический сросток корунда и мусковита. Чертеж: В.А. Попов.

Fig. 10. Sintaxic intergrowths of corundum and muscovite. Sketch: V.A. Popov.

Table 4 Таблица 4

Состав мусковитов из пегматитов Ильменского заповедника (мас. %)

(10 (mt 0/) ny Ctata Das of the IIm 241400 with fre Composition of m

No		Тип				Inscovite		egmann		плиепу	Diale N	cserve (vr. 70)			
aH.	№ копи	жилы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$\mathrm{Fe}_{2}\mathrm{O}_{3}$	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Li_2O	H_2O^+	ц	Сумма
	89	7	44.28	0.20	36.61	1.84	0.49	0.16	0.16	I	1.12	9.30	0.52	4.51	0.87	99.69
0	395	7	47.84	0.12	30.12	1.64	3.59	0.07	0.35	0.20	0.25	9.38	H.a.	5.00	1.42	99.30
б	210	4	43.80	0.21	35.63	0.98	0.99	0.07	0.18	Ι	1.17	9.47	H.a.	4.68	0.65	97.56
4	Cp/11*	1	45.44	0.28	33.23	1.49	1.52	0.08	0.88	0.16	0.74	9.64		4.78	1.20	98.93
5	Cp / 8*	7	45.09	0.34	32.41	2.51	2.73	0.42	0.59	0.25	0.63	9.37	0.66	4.24	1.52	100.10
9	Cp/28*	7	45.02	0.34	28.61	4.06	4.93	0.87	0.55	0.04	0.47	9.72	0.55	3.57	2.46	97.33
2	Cp/3*	б	45.67	0.56	35.07	1.94	0.76	0.05	0.44	0.47	1.12	7.63	H.a.	5.30	0.40	99.24
8	Cp / 5*	5	44.22	0.47	36.12	2.82	0.70	0.07	0.25	I	1.08	9.40	0.50	4.63	0.41	100.49
					Кристалло	химическ	ие форм	іулы (рас	считаны	на сумм	у зарядої	B = 22)				
-	$(K_{0.79}Na_{0.15})$	$0.94(AI_{1.85})$	$(Li_{0.14}Fe^{3+})$	${}^{\rm Pe}{}^{2^+}{}^{0.03}$	$Mg_{0.02}Mn_{0.01}$	$\overline{\mathrm{Ti}}_{0.01}_{1.99}(A$	$M_{1.04}Si_{2.96}$	O10)((OF	$(1)_{1.82} F_{0.18}_{0.18}$	00	Rb_2	$O, Cs_2O H$	ие опреде	слялись		
2	$(K_{0.82}Na_{0.03})$	$Ca_{0.01})_{0.87}$	$(Al_{1.69}Fe^{2+})$	${}^{0.21}{\rm Fe}^{3+}{}^{0.08}$	$Mg_{0.04}Ti_{0.01}$	$)_{2.03}(Al_{0.73}S)$	Si _{3.27} O ₁₀)(H _{69,1} (HO))	$\left(\frac{7}{0.31}\right)_{2.00}$		Li_2C	$0, Rb_{2}O, O$	Cs ₂ O He G	гвпеделял	ись	
б	$(K_{0.83}Na_{0.16})$) _{0.99} (Al _{1.85}	${\rm Fe}^{2+}_{0.06}{\rm Fe}^{3-}$	$^{3+}_{0.05}\mathrm{Mg}_{0.02}$	$Ti_{0.01})_{2.02}(A$	1,00Si _{3.00} O	(HO))((0H)	$1.86F_{0.14})_{2.00}$	0		Li,C), Rb ₂ O, G	Сs,О не с	гвпеделял	ись	
4	$(K_{0.84}Na_{0.10})$	Ca _{0.01}) _{0.95}	$(Al_{1.77}Fe^{2+})$	$H_{e0.0} g M_{e0.0}$	$e^{3+}_{0.06} Ti_{0.01}$	$_{2.02}(Al_{0.90}S)$	i _{3.10} O ₁₀)(((OH) _{1.74} F	0.26)2.00		Mar	с. сод. Г	i,0 0.14,	Rb ₂ O 0.6	9, Cs ₂ O 0.()26 мас. %
S	$(K_{0.81}Na_{0.08})$	$Ca_{0.01})_{0.90^{\dagger}}$	$(Al_{1.66}Fe^{2+})$	${}^{0.16}{\rm Fe}^{3+}{}^{0.13}{}^{-1}$	$Li_{0.11}Mg_{0.06}$]	${\rm Mn}_{0.02}{ m Ti}_{0.01}$	$)_{2.03}(Al_{0.9})$	_{33.07} O ₁₀)((OH) _{1.67}	$F_{0.33}$) _{2.00}	Mai	сс. сод. Г	i,O 0.54,	Rb,O, Cs	, O < 0.1 M	ac. %
9	$(K_{0.87}Na_{0.06})$	$Rb_{0.02})_{0.95}$	$(Al_{1.52}Fe^{2+})$	$^{0.30}{\rm Li}{\rm Li}_{0.13}{\rm Fe}$	$e^{3+}_{0.11}Mg_{0.06}^{-1}$	$Mn_{0.05}Ti_{0.02}$	$)_{2.19}(Al_{0.8})$	⁸⁴ Si _{3.16} O ₁₀)((OH) _{1.43}	$(F_{0.54})_{2.00}$	Mai	сс. сод. Г	i,O 1.08,	Rb ₂ O 1.1	1, Cs ₂ O 0.0)5 Mac. %
7	$(K_{0.66}Na_{0.15})$	$Ca_{0.01})_{0.82}$	$(Al_{1.87}Fe^{2+})$	$10.03 \mathrm{Fe}^{3+}$	Mg _{0.04} Ti _{0.01})	$_{2.04}(AI_{0.92}S)$	i _{3.08} O ₁₀)(((OH) _{1.91} F	$(0.09)_{2.00}$		CJF	лда верми	акулитиз	ирована;	Li_2O , Rb_2O), Сs ₂ О не
8	$(K_{0.81}Na_{0.14})$	$0_{0.95}(Al_{1.81})$	${\rm F}e^{2^+}_{0.04}{\rm F}e^3$	$^{+}_{0.14}\mathrm{Mg}_{0.02}$	$_{2})_{2.01}(Al_{1,04}S)$	i _{2,97} O ₁₀)((C	$(H)_{1.91}F_{0.0}$	$(_{09})_{2.00}$			Mai	еделикистис сс. сод. L	ь і ₂ О 0.50,	Rb_2O, Cs	$_{2}O < 0.1 \text{ m}$	ac. %
Ί	римечание. *) Средн	ее по тип	у жилы	/ количест	во анализ	ob. H.a.	– не ана	ализиров	алось, пр	очерк –	не обнар	ужено.	Гип пегм	атита: 1–2	– гранитный:
1 - p	едкометаллы	HO-MYCKC	витовый,	2 – ама	зонитовый	, 3 – миае	скитовы	й, 4 – кс 10004 г	рундово	-HOJEBOIL	IIIaTOBblž	і, 5 – сие	НИТОВЫЙ	і. Ан. 1–2	с – по (Бе	ıory6, 1994ф),
Γ – c	10110В И Др., 1 nte. ^{*)} Avera <i>g</i> t	ب (φυσ <i>e</i> ≥/humber	-pедние а	нализы р зs. Н.а. – т	accчитаны not analvze	t tio (110110 d: dash – no	ов и др., ot determ	тудоф; т nined. Tvr	belloryo, Je of negn	1994@). B natite: 1–2	оэффиц – graniti	иенты (U c. 1 – rare	ты) paceч metal-mi	іитаны ка iscovite. 7	ік разност – атаzопі	o ∠-r _{ĸ∳.} te. 3 – miaskite.
4 - cc	srundum-felds	par, 5 –	syenite. A	n. 1–2 – (Белогуб, 1	(994ф), 3 -	– (Попо	в и др., 1	980ф). Т	he averag	e analyse	es are calc	culated af	ter (Попс	ов и др., 19	80ф; Белогуб,

1994 $\mbox{\mbox{\sc of}}$ The formula units of OH group are calculated as a difference of 2-F $_{\rm eff}$

(ан. 2, 3 см. табл. 4) обогащены литием и фтором. Обычно же светлые диоктаэдрические слюды из этого типа пегматитов содержат и более значительные концентрации железа и марганца. Заселённость октаэдрического слоя часто превышает 2 при относительно более низких значениях Al^{iv} ан. 4, 5 табл. 4). Мусковиты из гранитных пегматитов, залегающих в ультраосновных породах, содержат больше магния, это отразилось на среднем составе мусковитов из редкометально-мусковитовых пегматитов (ан. 1, см. табл. 4).

Алюмоселадонит $K(Mg,Fe^{2+})Al(Si_4O_{10})(OH)_2$. По формальным критериям к алюмоселадониту можно отнести один из имеющихся анализов светлой слюды из амазонитового пегматита копи 50. В этом минерале обнаруживаются повышенные концентрации редких щелочей – цезия и иногда рубидия. Формула цезий-содержащего алюмоселадонита ($K_{0.92}Cs_{0.04}$)_{0.96} $Al_{1.35}Fe_{0.37}Mn_{0.30}$)_{2.02} $(Si_{3.65}Al_{0.35})_{4.0}$ ₀ O_{10}) F_2 (Гойло, 2005).

Иллит $K_{0,65}Al_2(Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10})(OH)_2$ диагностирован В.О. Поляковым на основании данных рентгеноструктурного и термогравиметрического анализа (Поляков и др., 1980)

Литература

Баженов А.Г., Иванов Б.Н. Рихтерит и флогопит из фенитов Ильменогорского щелочного комплекса // Проблемы минералогии Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1976. С. 133–136.

Баженов А.Г., Котляров В.А., Рассказова А.Д. О политипии триоктаэдрических слюд в Ильменогорском комплексе метаморфических, гранитоидных и щелочных пород // Новые данные по минералогии Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР РАН, 1988. С. 37–44.

Баженов А.Г., Белогуб Е.В., Ленных В.И., Рассказова А.Д. Уфимская широтная структура. Путеводитель экскурсий по докембрийским толщам, Ильмено-Вишневогорскому щелочному комплексу и месторождениям полезных ископаемых . Миасс: ИМин УрО РАН, 1992. 90 с.

Белогуб Е.В. Масутомилит из гранитного пегматита копи 255 Ильменского заповедника // Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 21–25.

Белогуб Е.В. Слюды амазонитовых пегматитов Ильменских гор / Дисс. канд. геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 1994ф. 203 с. Белогуб Е.В. Слюды амазонитовых пегматитов Ильменских гор // Уральский минералогический сборник № 3. Миасс: ИМин УрО РАН. 1994. С. 56–73.

Белогуб Е.В., Котляров В.А. Политипия слюд из амазонитовых пегматитов Ильменского заповедника // Уральский минералогический сборник № 1. Екатеринбург: УИФ «Наука». 1993. С. 122–129.

Богомолова Л.К., Фоминых В.Г. Гранаты из пегматитовой жилы Блюмовской копи Ильменских гор // Минералогический сборник № 4. Тр Горно-геол ин-та УФАН СССР. Свердловск. 1960. Вып. 35. С. 171–199.

Богомолова Л.К. Жильное поле Ильменских гор. Миасс, 1974ф. 97 с. (Рукопись, архив ИГЗ).

Гойло Э.А., Сергеев Д.С., Белогуб Е.В. Состав и строение слюд из гранитных пегматитов. // Кристаллохимия и рентгенография минералов. Миасс, 2007. С. 150–151.

Гойло Э.А., Сычкова А.Л., Баженов А.Г., Белосуб Е.В. Рентгеновское изучение политипии и распределения октаэдрических катионов в слюдах из Ильменских гор // Минералогия Урала. Матер. III-го регион. совещ.. Т. 1. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 103–104.

Гойло Э.А., Сергеев Д.С., Казbohm J., Белогуб Е.В., Боярская В.В. Типоморфизм слюд из гранитных пегматитов Ильменского заповедника // Минералогические музеи – 2005. СПб: каф. Минералогии, 2005. С. 106–107.

Загорский В.Е., Перетяжко И.С., Шмакин Б.М. Миароловые пегматиты. Т. 3. Гранитные пегматиты. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 488 с

Попов В.А., Попова В.И., Поляков В.О., Щербакова Е.П. Закономерности формирования пегматитов и жильных метасоматитов Ильменских гор. Миасс: УНЦ АН СССР, 1980ф. 336 с.

Зарайский Г.П., Попов В.А., Васильев Н.В. Марганцевая и цинковая специфика минералов амазонитового гранита копи № 270 Ильменских гор // Минералогия Урала-2007 (Матер. V Всеросс. совещ.). ИМин УрО РАН, 2007. С. 217–222.

Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н., Вализер П.М. Минералы Ильменских гор. Миасс: ИГЗ, 2000. 118 с.

Лапидес И.Л., Коваленко В.И., Коваль П.В. Слюды редкометальных гранитоидов. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд. АН СССР, 1977. 104 с.

Мельников М.П. Ильменские минеральные копи // Горн. журн. 1882. Т. 1. С. 70–151.

Минералы Ильменского заповедника / Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 659 с.

Мурдасова Н.М. Слюды из метаморфических пород Ильменогорского полиметаморфического комплекса. Дипломная работа. ЮУрГУ, 2009ф. 65 с.

Мушкетов И.В. Материалы для изучения геогностического строения и рудных богатств Златоустовского горного округа в Южном Урале. СПб: типография императорской академии наук, 1877. 231 с.

Поляков В.О. Онтогения кристаллических включений в минералах амазонитовых пегматитов // Онтогения пегматитов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 61–71.

Поляков В.О., Жданов В.Ф., Нишанбаев Т.П. Новые поступления в музей Ильменкого заповедника // Минералогические исследования гидротермалитов Урала: Тр. Ильменского гос. запов. Вып. 27. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 52–58.

Поляков В.О. Минералогия жилы амазонитового пегматита копи 395 Ильменского заповедника // Минералы и парагенезисы минералов Южного Урала. Свердловск: УНЦ УрО РАН, 1983. С. 11–22

Поляков В.О., Недосекова И.Л. Минералогия апогипербазитовых фенитов и карбонатитов южной части Ильменских гор // Минералогия месторождений и зон техногенеза рудных районов Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 6–17.

Попов В.А., Попова В.И. Минералогия пегматитов Ильменских гор // Минералогический альманах, 2006. Т. 9. 51 с.

Попов В.А. О происхождении флогопит-амфиболовых пегматитов копи № 13 Ильменских гор // Уральский геологический журнал, 2004. № 2 (38). С. 79–92.

Попова В.И., Леванов А.А. Онтогения гранитных пегматитов копей 232 и 255 Ильменского заповедника // Онтогения пегматитов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 28–45.

Попова В.И., Попов В.А., Поляков В.О., Щербакова Е.П. Пегматиты Ильменских гор. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. 48 с.

Постоева И.Г. Группа слюд // Минералы Ильменского заповедника. Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949а. С. 216–217.

Постоева И.Г. Мусковит // Минералы Ильменского заповедника. Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 19496. С. 217–225. Постоев К.И. Биотит // Минералы Ильменского заповедника. Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949а. С. 227–235.

Постоев К.И. Лепидомелан // Минералы Ильменского заповедника. Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949б. С. 226–227.

Постоев К.И. Флогопит // Минералы Ильменского заповедника. Под ред. А.Н. Заварицкого. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949в. С. 225–226.

Чесноков Б.В., Макагонов Е.П., Поляков В.О., Никандров С.Н., Попов В.А., Недосекова И.Л., Лотова Э.В., Павлов Е.А. Построение модели минералообразования на основе минералогического картирования месторождений Ильменских и Вишневых гор / Отчёт о научно-исследовательской работе. Миасс: ИГЗ УНЦ АН СССР, 1985ф. 354 с.

Рассказова А.Д. Биотиты пород гранулитовой и амфиболитовой фации метаморфизма селянкинского блока Ильмено-Вишнёвогорского комплекса // Геология, минералогия и полезные ископаемые Южного Урала: Тез. докл. 1987. С. 17–18.

Рассказова А.Д., Котляров В.А. Политипия и структурные особенности биотитов из диафторированных гнейсов и пегматитов гранулитовых комплексов Южного Урала // Уральский минералогический сборник № 3. Миасс: ИМин УрО РАН. 1994. С. 116–117.

Симонов А.И. Минеральные копи Ильменского государственного заповедника имени В.И. Ленина на Южном Урале. Миасс, 1958ф. 420 с. (Рукопись, архив ИГЗ).

Смирнова М.П. Цезий и рубидий в гранитных пегматитах Ильменских гор // Тр. Ильменского гос. заповедника, вып. 3. 1947. С. 221–237.

Югова А.Л., Гойло Э.А., Белогуб Е.В. Изучение упорядоченности октаэдрических катионов слюд сидерофиллит-полилитионитового ряда // Минералогические музеи в XXI веке. СПб: 2000.

Rieder M., Cavazzini G., D'yakonov Y.S., Frank-Kamenetskii V.A., Gottardi G., Guggenheim S., Koval' P.V., Müller G., Neiva A.M.R., Radoslovich E.W., Robert J.-L., Sassi F.P., Takeda H., Weiss Z., Wones D.R. Nomenclature of the micas // Can. Min. 1998. V. 36. P. 905–912.

Поступила в редакцию 20 февраля. 2016 г.