

УДК 549.0:552.322

МИНЕРАЛОГИЯ ГЛУБОСТРОВСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ МАСУТОМИЛИТА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

В.И. Попова, С.В. Колисниченко, В.А. Муфтахов

Институт минералогии УрО РАН, Муасс, popov@mineralogy.ru; sanarka@mail.ru; mv@mineralogy.ru

Глубостровское рудопроявление — гранитный пегматит с крупными пластинами масутомила и литийсодержащего мусковита — содержит акцессорные топаз, берилл, манганоколумбит, касситерит, монацит-(Ce), микролит и другие минералы. Охарактеризовано строение пегматита и приведены данные о морфологии и составе минералов. В фиолетовом и розовато-фиолетовом железистом масутомитите (кристаллы до 5–20 см величиной) определены содержания (мас.%): MnO 5.85; Li₂O 3.98; Rb₂O 1.67. Поздний розоватый берилл обогащён редкими щелочами, монацит-(Ce) — самарием, циркон — гафнием. В микролите обнаружены частичные псевдоморфозы по нему парабариомикролита, содержащего (мас.%): BaO 10.10; UO₂ 4.98; Ta₂O₅ 73.60; Nb₂O₅ 5.49; SnO₂ 2.74; это первая находка на Урале и в России. В статье 7 таблиц, 10 рисунков, список литературы из 11 названий.

Ключевые слова: масутомит, топаз, берилл, микролит, парабариомикролит, Глубостровское рудопроявление, Южный Урал.

История открытия и геологическое строение Глубостровского рудопроявления

Глубостровское проявление лития (лепидолита) было открыто случайно в 5 км к СЗ от пос. Тайгинка, на увале Заячьи горы, в 200 м севернее берега оз. Глубострово (рис. 1), в заболоченной межгорной низине. В 1956 году при прокладке линии электропередач здесь в яме под опорой была вскрыта пегматитовая жила. Поздней осенью, когда болото подмёрзло, геолог Д.П. Грознецкий во время охоты обнаружил в глыбах пегматита крупные пластины лепидолита. В следующем году Слюдяногорской партией треста «Уралгеолнеруд» на Глубостровском проявлении пробурены 40 скважин ручного бурения (буром «Эмпайр») на глубину до 1–5 м в толще торфа, до глыб и крошки пород. Зимой 1958 года Ильменогорской партией Экспедиции № 8 были пройдены 40 шурфов на глубину до 1.5 м (с проморозкой почвы), а летом проведены поисково-съёмочные работы масштаба 1:10000 на площади около 2 км² (Таланцев, 1959). Результаты работ оказались неутешительными: при содержании в лепидолите 5.6 мас.% Li₂O, в пробах пегматита её содержание было очень низким (0–0.5 мас.%), а небольшие размеры жилы и заболоченность участка были неблагоприятны для эксплуатации рудопроявления. Жила была оставлена, и опубликованных работ по её минералогии нам неизвестно. Упоминание о Глубостровском проявлении лития есть в 12-м томе «Геологии СССР» (1973), в таблице месторождений и проявлений драгоценных и полудрагоценных камней Урала. Ещё тогда 14-летний С.В. Колисниченко купил в Ленинграде эту

книгу, но на поиски жилы выбрался только в 1980 году с группой юных геологов; не зная, что она в болоте, жилу не нашли. Только осенью 2008 г. экскаваторщик Василий Лежнев из Тайгинки — любитель минералов и охотник — случайно обнаружил глыбы пегматита с фиолетовыми листочками слюды и в 2009 г. показал это место, но работы вести было нельзя из-за воды. Сухое лето 2010 г. предоставило нам эту возможность — уровень воды упал почти на 1 м; история этой повторной находки и первых поисков минералов кратко опубликована (Колисниченко, Захаров, 2010). Несколькими раз за лето нами (с помощниками — И.В. Карловым, А.В. Бобровым, Т.М. Рахматуллиным, К.А. Захаровым, Р.М. Рахматуллиным, Д.А. Шуминым, А.Г. Кораблёвым, Е.П. Макагоновым) на жиле проводились вскрышные работы. На месте двух старых шурфов была заложена небольшая копь, расчищен ряд шурфов и пройдены два новых, частично просмотрены отвалы и получен ряд шлихов. Полностью выявить размеры, форму и строение жилы не позволила болотистая местность. Но полученные данные оказались чрезвычайно интересны и приведены ниже с использованием и материалов по геологии участка.

По данным А.С. Таланцева (1959), северная часть увала Заячьи горы представляет собой субмеридиональную антиклинальную складку, опрокинутую на запад (см. рис. 1). Осевая часть структуры сложена нижнепротерозойскими метаморфическими биотит-микроклиновыми гнейсами вишнёвогорской толщи с ортитом и магнетитом, а крылья складки с запада и востока — перемежающимися амфиболитами, биотитовыми гнейсами и кварцитами ильменогорской

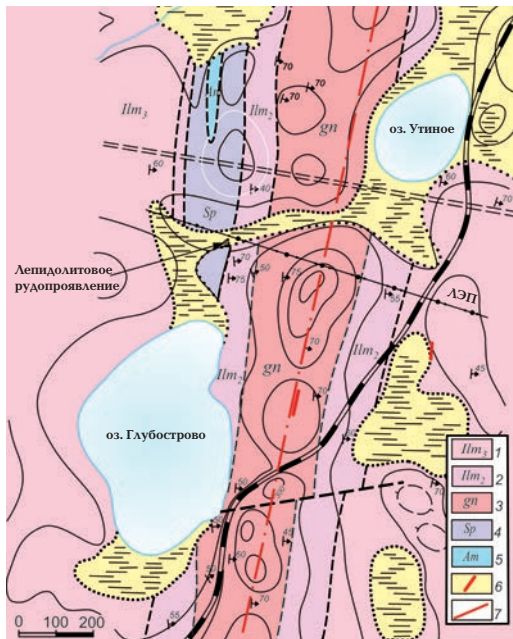


Рис. 1. Геологическая карта северной части Заячьего увала (по Таланцеву, 1959; упрощено). 1 – амфиболиты с пластами биотитовых кварцито-гнейсов; 2 – гнейсы биотитовые с пластами амфиболитов; 3 – гнейсы микроклиновые с ортитом (алланитом); 4 – серпентиниты; 5 – амфиболиты; 6 – гранитные пегматиты; 7 – тектоническое нарушение. Стрелкой указано Глубостровское проявление литиевых слюг.

толщи. Ультраосновные породы были отнесены к перидотитам (а по нашим данным, это оливин-энстатитовые ортопироксениты с 15–20% оливина), в разной степени серпентинизированным, оталькованным, амфиболитизированным и содержащим мелкую вкрапленность магнетита и хромита. Серпентинизированные ультрамафиты окружены амфиболовыми породами и вблизи них включают редкие жильные тела плагиоклазитов с каймой радиально-пластинчатого тремолита (например, в 100 м к СЗ от Глубостровской жилы). Все породы секутся более молодыми субширотными нарушениями типа сбросо-сдвига (а по форме низин мы предполагаем и наличие нарушений субмеридионального и СЗ направлений). В осевой части Заячьего увала известны несколько жил гранитных пегматитов с топазом и бериллом, одна из них – с амазонитом (в этой статье они не рассматриваются).

Глубостровская жила гранитного пегматита была оконтурена по данным ручного бурения в форме каплеобразного тела с предполагаемым северо-восточным простираанием. Указывалось, что такая форма может быть

искаженной, а размер – завышенным вследствие развалов жилы (Таланцев, 1959); северо-восточный и юго-западный «хвосты» жилы не были подтверждены. В строении её выделялись зоны: краевая – мелкозернистого аплит-пегматита с хлоритом и гранатом (по нашим данным – неяснографическая с постепенным переходом к графической); промежуточные – графическая и блоковая, без резких границ; центральная зона развития клевадита и лепидолита, считавшаяся результатом замещения микроклина блоковой зоны (рис. 2а).

В результате наших работ по расчистке ряда доступных шурфов, проходки новых выработок и обследования площади рудопроявления ручным шупом на глубину около метра оказалось, что пегматитовая жила имеет иные размеры, форму, строение и залегание (рис. 2б). Вероятная протяжённость её более 25 м при максимальной видимой мощности около 10 м, падение юго-западное. Северная часть жилы, вероятно, срезана нарушением или эродирована древними водяными потоками бывшего русла ручья на месте нынешнего болота. Из-за толстого слоя торфа в окружении жилы (до 4–5 м) вмещающие её породы достоверно не установлены, и на схеме строения жилы показаны как серпентиниты. Однако со дна некоторых шурфов за пределами жилы нами извлечена мелкая крошка зёрен и агрегатов Na-Ca амфиболов, более характерных для амфиболитов или гнейсов.

Зоны пегматита по структуре в основном подобны выделенным ранее с той лишь разницей, что блоковая зона значительно меньше, и именно в ней преимущественно локализованы агрегаты лепидолита с альбитом, топазом, бериллом и акцессорными минералами. Была вскрыта и часть кварцевого ядра в дне копи и в её северо-восточной стенке.

Работы Ильменогорской партии на этом участке практически не сопровождалась аналитическими исследованиями (кроме определения содержаний лития и бериллия), и в отчёте только кратко упоминаются минералы жилы (по их внешним признакам) – микроклин-пертит, альбит, кварц, мусковит, топаз, лепидолит, циннвальдит, флюорит, хлорит и гранат.

Первые же вскрышные работы 2010 г. удивили находкой крупных фиолетовых пластин лепидолита (до 10–20 см в поперечнике), «столбиков» полупрозрачного голубоватого и серовато-белого топаза (до 5–20 см), спессартина, колумбита, а также бериллов зеленовато-желтоватого и розоватого цвета

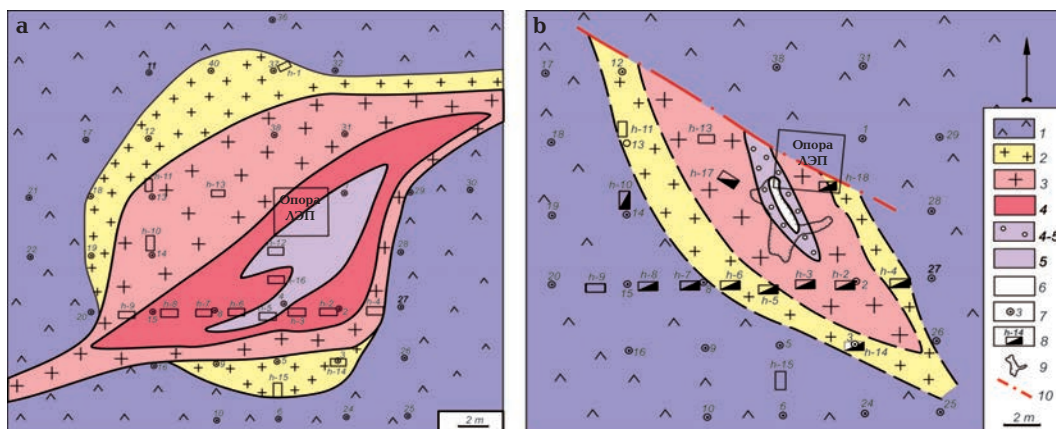


Рис. 2. Схема зональности пегматита (а – по Таланцеву, 1959; б – наши данные). 1 – вмещающие породы – «серпентиниты» (вероятнее, гнейсы); 2 – среднезернистый неяснографический кварц-олигоклаз-микроклиновый пегматит с сидерофиллитом, переходящий в мелкоблоковый крупнографический; 3 – графический кварц-микроклиновый пегматит с мусковитом; 4 – «центральный пегматитный блок» (а; по Таланцеву, 1959); 4–5 – блоковая зона с масутомитом; 6 – кварцевое ядро; 7 – скважины ручного бурения; 8 – шурфы (выделены зачищенные); 9 – контур копи; 10 – предполагаемый разлом.

(Колисниченко, Захаров, 2010). В дальнейшем лепидолит был определён как масутомит, и при изучении образцов пегматита и шлихов (из крошки коренной жилы) были выявлены олигоклаз, манганоколумбит, монацит-(Ce), касситерит, микролит, парабариомикролит, циркон, кальциевый и марганцовистый альмандины, алланит-(Ce), сидерофиллит (хлорит и флюорит не встречены). В шлихах из крошки вмещающих пород со дна шурфов за пределами жилы дополнительно к ранее указанным минералам определены ферроактинолит, гастинсит, магнезиогорнблендит, железистый диопсид, эпидот, магнетит, ильменит и халькопирит (диагностированы по физическим свойствам, рентгенограммам и частичным микрозондовым анализам состава).

В периферической среднезернистой неяснографической зоне пегматита мощностью не более 1 м (с постепенным переходом к крупнографической мелкоблоковой) преобладают микроклин и кварц. Менее проявлен олигоклаз № 12–15, редко встречаются кальциевый альмандин, сидерофиллит, лимонитизированный магнетит, единичны зёрна пирита в форме кубов до 1–1.5 мм, а также чёрно-коричневый алланит-(Ce), почти нацело замещённый микрозернистым агрегатом предположительно нонтронита и гизингерита. В крупнографическом пегматите этой зоны отмечаются редкие брусковидные зёрна сидерофиллита величиной до 2–3 см и алланита-(Ce) – до 1.5 см, а также встречены марганцовистый альмандин и полупрозрачный желтовато-коричневатый циркон «гиацинто-

вой» огранки в виде сноповидных сростков до 2–3 мм.

Графический кварц-микроклиновый пегматит слагает основной объём вскрытой части жилы; ширина этой зоны около 1–2 м. Крупные блоки белого и желтовато-белого полевого шпата величиной более 10–20 см представляют собой типичный «еврейский» камень с различным рисунком кварцевых вrostков в секторах роста разных граней микроклина, содержащего около 5–8% альбитовых вrostков. Встречаются небольшие выделения агрегатов двойникового альбита с зёрнами до 1–2 см и таблички серого мусковита, иногда имеющего с кварцем, микроклином, альбитом и марганцевым алмандином поверхности совместного роста, а также мелкие зёрна акцессорных минералов – манганоколумбита, магнетита, циркона, монацита-(Ce). В этой зоне по направлению к середине жилы постепенно увеличивается количество альбита и величина выделений кварца, розовато-серого мусковита и спессартина.

Переход к блоковой зоне нечёткий и недостаточен вскрыт из-за горно-технических условий. Начинается зона неширокой «полосой» (10–15 см) с обилием толстотабличчатого розовато-зеленовато-серого мусковита, кварца и расщеплённого клеветандита, со своеобразными ответвлениями-жилками в графическую зону, отражая динамический режим при формировании жилы. В одном из штуфов с сероватым, иногда полупрозрачным микроклином, альбитом, спессартином, манганоколумбитом и монацитом-(Ce) встре-

чены зёрна зеленовато-желтоватого берилла (до 3–6 см), а также голубоватого полупрозрачного топаза величиной 1–2 см полигонально-конической формы в результате сокристаллизации с полевыми шпатами и кварцем. Агрегат мусковита с альбитом, кварцем и микроклином переходит в крупно-неяснографический мелкоблоковый, образуя своеобразную подзону шириной около 20–30 см с преобладанием альбита и кварца, где довольно обильно развиты крупные толстотаблитчатые пластины розовато-фиолетового (сиреневого) масутомилита до 5–20 см в поперечнике и полигонально-конические зёрна серовато- или голубовато-белого топаза длиной до 10–20 см, частично замещённого тонкозернистым агрегатом тёмно-фиолетового марганцовистого мусковита. Некоторые небольшие зёрна топаза замещены нацело с сохранением первичной их формы.

Последующая подзона шириной 10–15 см образована среднезернистым агрегатом альбита, светлоокрашенного розовато-фиолетового мусковита (зёрна 0.5–1.5 см), адуляровидного микроклина и почти бесцветного кварца; встречаются изометрично-таблитчатые зёрна манганоколумбита и полости растворения на месте какого-то минерала со сложно-извилистыми границами. В этих переходных подзонах и сосредоточена наиболее интересная аксессуарная минерализация.

Типичный крупноблоковый кварц-микроклиновый пегматит мощностью не менее 1 м, с редкими альбитом и слюдой, вскрыт лишь частично, как и кварцевое ядро. Гигантские по величине кристаллы микроклина (до 30–40 см) имеют индукционные поверхности совместного роста с редкими небольшими блоками светло-серого кварца. В добытых кусках кварца много залеченных трещин, встречаются участки небольших друзовых полостей, где на кристаллах прозрачного сероватого кварца снизу есть тонкая белая периферическая зона, а на верхних гранях — присыпка розетковидных мелкочешуйчатых агрегатов бледно-сиреневой и розовато-желтоватой слюды-«кипелки». Эта слюда нарастает и на обломки зёрен микроклина в виде плотных крустификационных агрегатов с образованием остаточных микрополостей, в которых позднее кристаллизовались мелкие призматические кристаллики бесцветного прозрачного кварца с гранями ромбоэдров на «головке»; такой же кварц иногда встречается и на стенках полостей на месте растворения субизометричных зёрен неуставленного минерала (возможно, флюорита, но реликты не найдены).

Методы и результаты исследования минералов пегматита и вмещающих пород

Ряд минералов охарактеризованы кристалломорфологически (с применением фёдоровского столика СФ-4 в качестве гониометра; идеализированные формы кристаллов вычерчены с использованием программы SHAPE-7.1 и CorelDRAW-11). Некоторые минералы исследованы оптически (в иммерсии с набором стандартных жидкостей ИЖ-1) и в отражённом свете на микроскопе Olympus BX51. Рентгенограммы минералов сняты на дифрактометре ДРОН-2.0, $\text{CuK}\alpha$ -излучение, скорость записи 0.02 град/мин, дебаеграммы — на УРС-2.0 с РКД-57.3 мм, Fe-излучение и идентифицированы по базе ASTM с контролем преобладания тяжёлых элементов в их составе рентгенофлуоресцентным методом на приборе INNOV. Спектр флуоресценции порошка разных бериллов снят на импульсном катодолюминесцентном анализаторе КЛАВИ-Р. Для некоторых минералов — сидерофиллита, олигоклаза и алланита-(Ce) — получены спектры преобладающих элементов в их составе (РЭММА-202М). Химический состав определён в Институте минералогии УрО РАН (Миасс) силикатным анализом, а редкие щёлочи — атомно-абсорбционным (Perkin-Elmer 3110). Рентгеноспектральный микроанализ выполнен В.А. Муфтаховым в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (Москва) на рентгеновском микроанализаторе JEOL-733 Superprobe с энергодисперсионной приставкой LINK при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе зонда 5 нА и диаметре зонда 2 мкм. Стандарты: минералы — кварц, альбит, ортоклаз, диопсид, барит, ильменит, шеелит, фторопатит, хлоропатит; металлы — Mn, Ta, Nb; оксиды Zr, Sn, U, Th, Sb, Y, Dy; фосфатные стёкла $\text{LaP}_5\text{O}_{14}$, $\text{CeP}_5\text{O}_{14}$, $\text{PrP}_5\text{O}_{14}$, $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$, $\text{SmP}_5\text{O}_{14}$.

Калиевый полевой шпат графического пегматита по упорядочению относится к промежуточному микроклину со степенью рентгеновской триклинности 0.8 и содержит около 5–6 мол.% Na-фазы. В блоковой зоне пегматита микроклин близок к максимальному, что характерно для большинства жил гранитных пегматитов.

Из слюд в Глубостровской жиле наиболее проявлены мусковиты и масутомилит, а сидерофиллит и иллит редки.

Сидерофиллит — чёрная слюда краевой зоны жилы — диагностирован только по наличию в энергодисперсионном спектре K, Si, Al, Fe (практически без Mg) и преломлению

Таблица 1. Химический состав слюды Глубостровской жилы (мас.%)

№ ан.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	Rb ₂ O	Li ₂ O	F	H ₂ O	Сумма
1	44.70	30.52	5.17	1.28	9.40	0.46	1.02	0.97	2.40	3.90	99.82
2	45.50	21.80	4.27	5.85	9.60	0.25	1.67	3.98	7.70	—	100.64*
3	46.15	34.72	0.52	1.20	10.00	0.13	0.58	0.02	Не опр.	5.65	98.97
4	Не опр.	Не опр.	0.27	0.17	10.70	0.46	0.40	<0.02	Не опр.	Не опр.	
Эмпирические формулы (мусковит — на 7 катионов, масутомит — на 8)											
1	(K _{0.89} Na _{0.07} Rb _{0.05}) _{1.01} (Al _{1.30} Li _{0.29} Fe _{0.32} Mn _{0.08}) _{1.99} (Si _{2.62} Al _{1.38}) ₄ O ₁₀ (OH) _{1.02} F _{0.56}										
2	(K _{0.98} Rb _{0.09} Na _{0.04}) _{1.11} (Li _{1.28} Al _{0.93} Mn _{0.40} Fe _{0.29}) _{2.90} (Si _{2.87} Al _{1.13}) ₄ O ₁₀ F _{1.97}										
3	(K _{0.96} Rb _{0.03} Na _{0.02}) _{1.01} (Al _{1.85} Mn _{0.08} Fe _{0.03} Mg _{0.02} Ca _{0.01} Li _{0.01}) _{2.00} (Si _{2.76} Al _{1.24}) ₄ O ₁₀ (OH) _{1.51}										

Примечание: 1 — мусковит литиево-железистый, 2 — масутомит железистый, 3 — мусковит марганцовистый тёмно-фиолетовый (псевдоморфный по топазу), 4 — мусковит розоватый («кипелка»). FeO вычислена из Fe₂O₃; вода определена как потеря при прокаливании (за вычетом фтора). * — в ан. 2 также обнаружено 0.02 мас. % Cs₂O. Не опр. — не определялось, прочерк — не обнаружено. Аналитик М.Н. Малярёнок — химические анализы (ан. 1–3) и атомная абсорбция (регрессия щёлочи и ан. 4).

Таблица 2. Результаты расчёта рентгенограмм литиево-железистого мусковита (1), железистого масутомила (2), псевдоморфоз мусковита (3) по топазу и позднего мусковита-«кипелки» (4)

1		2		3		4	
d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I
9.96	51	9.96	33	10.04	53	10.01	29
4.98	16	4.97	7	5.02	40	5.01	31
3.486	2	3.86	6	4.48	2	4.45	1
3.321	100	3.637	10	3.501	2	3.488	1
3.199	4	3.349	14	3.344	100	3.335	100
2.990	4	3.310	100	3.203	3	3.195	1
2.861	2	3.085	14	2.993	3	2.987	1
2.786	2	2.899	11	2.795	3	2.790	1
2.569	1	2.672	6	2.558	3	2.556	1
2.491	9	2.585	7	2.507	11	2.503	12
1.993	34	2.482	11	2.006	51	2.127	1
1.648	1	1.987	37	1.664	1	2.003	62
1.423	2	1.657	4	1.651	1	1.669	1
		1.516	2	1.524	1		

Примечание: дифрактометр ДРОН-2.0, SiKa-излучение, шаг съёмки 0.02°, пробы 1 и 2 — с вазелином. Аналитик Т.М. Рябухина.

$\rho_m \approx 1.63$; в составе его около 2–3 мас.% F (по микрозондовому анализу с WDS). В некоторых образцах он частично гидратирован.

Розовато-зеленовато-серый крупнотаблитчатый мусковит из блоковой зоны жилы по составу литиево-железистый и фторсодержащий, с заметной примесью марганца, обуславливающего розоватый оттенок слюды (табл. 1, ан. 1); рентгенограмма его ближе политипу 1M (табл. 2). Наиболее часты сростания мусковита с кварцем, альбитом, топазом и микроклином, но встречаются и с масутомитом (без признаков замещения) и акцессорными минералами.

Масутомит в этой жиле поражает величиной пластин (до 15–20 см) и глубиной розовато-фиолетовой окраски (рис. 3); к сожалению, длительный контакт с водой летом и вымораживание зимой привели к тому, что при извлечении образцы нередко распадаются на части. Масутомит железистый, с содержанием (мас.%) MnO 5.85, Li₂O 3.98 и Rb₂O 1.67 (табл. 1, ан. 2), политип 1M. В отчёте А.С. Таланцева (1959) для этого минерала («лепидолита») приведено содержание Li₂O 5.6 мас.% без указания метода и без полного анализа.

Тонкозернистый тёмно-фиолетовый мусковит, образующий частичные или полные псевдоморфозы по топазу (рис. 4), отличается малыми примесями железа, лития и рубидия (табл. 1, ан. 3) при содержании MnO 1.2 мас.% (как в литиево-железистом крупнопластичатом мусковите). Рентгенограмма его ближе политипу 2M₁.

Агрегаты поздней розоватой и розовато-желтоватой слюды-«кипелки» из центральной части жилы образованы мусковитом (по рентгенограмме — иллитом 2M₁), бедным Fe и Mn (табл. 1, ан. 4); тонкие секущие жилочки его иногда встречаются и в тёмно-фиолетовых мусковитовых псевдоморфозах по топазу.

Топаз образует два различающихся морфологических типа. Более ранние голубоватые полупрозрачные и прозрачные зёрна топаза небольшие (до 2 см), с ромбовидным сечением габитусной призмы $m\{110\}$. Они образуют агрегаты с литиево-железистым мусковитом и зеленовато-желтоватым бериллом в подзоне перехода к блоковому пегматиту. В блоковой зоне в агрегатах с масутомитом топаз до 10–20 см, мутный, серовато- или голубовато-белый, с «квадратным» сечением габитусной призмы $l\{120\}$, развитым базопинакоидом $s\{001\}$ и небольшими гранями приз-

мы $y\{021\}$, визуально определяемыми на некоторых замещённых мусковитом головках кристаллов (см. рис. 4b). Несколько чётких изометричных псевдоморфоз по топазу обнаружены в сером кварце ядра. Состав топазов не определялся, но, судя по величине $d_{040} = 2.198 - 2.200 \text{ \AA}$ на их рентгенограммах, содержание фтора в топазах около 18.5–19 мас.% (Попова, Долгопят, 1989).

Берилл, разный по цвету (рис. 5), различается и составом примесей. Розоватый берилл из блоковой зоны содержит больше щелочей (Li и Rb — в 4 раза больше, Cs — почти в 10 раз, Na и K — почти вдвое) по сравнению с зеленовато-желтоватым бериллом из ассоциации с литиево-железистым мусковитом (табл. 3). В спектре катодолуминесценции

розоватого щелочного берилла чётко проявлена широкая полоса около 720 нм. Рентгенограммы разноокрашенных образцов берилла практически одинаковы.

Гранаты в пегматите имеют разный состав, окраску и величину — от редких и мелких зёрен бледно-розового **кальциевого альмандина** в эндоконтактной зоне жилы и оранжево-красного **марганцевого альмандина** в графической зоне до относительно крупного розовато-оранжевого и бледно-оранжевого **спессартина** (до 1–1.5 см) в блоковой зоне пегматита (табл. 4).

Манганоколумбит в графической зоне пегматита мелкий (до 1–2 мм), короткостолбчатый или досковидный, удлинённый по оси [001] (рис. 6a, b), а в блоковой зоне — таблит-

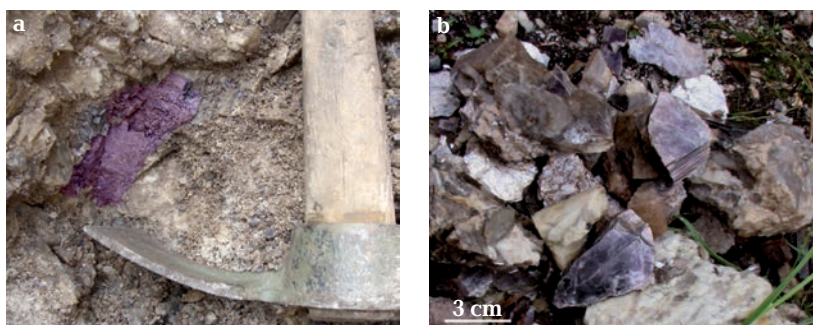


Рис. 3. Масутомилит (20 см) в стенке копи (a) и обломки его в отвале (b).

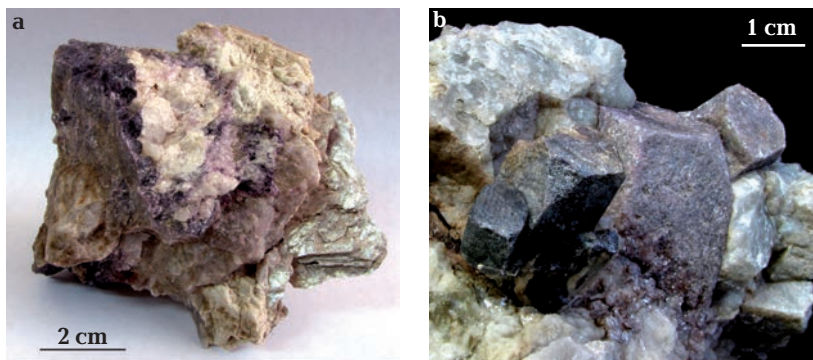


Рис. 4. Топаз (в центре), замещённый с краёв тёмно-фиолетовым тонкозернистым мусковитом (a), и полные псевдоморфозы такого мусковита по топазу с сохранением формы кристаллов (b).

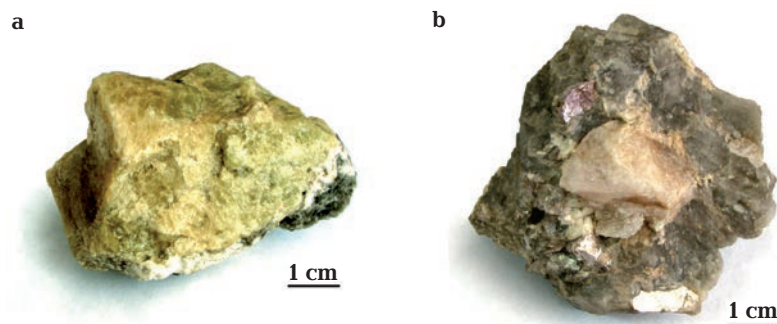


Рис. 5. Два типа берилла — ранний зеленовато-жёлтый (a) и более поздний розоватый щелочной (b).

Таблица 3. Содержание примесей в разном по цвету берилле

Цвет берилла	г/т			мас.%	
	Li	Rb	Cs	Na	K
Желтоватый	101.7	16.7	28.3	0.08	0.04
Розоватый	400.0	77.0	277.5	0.14	0.07

Примечание: атомно-абсорбционный метод, аналитик М.Н. Малярёнок.

Таблица 4. Химический состав гранатов из пегматита (микрозонд, мас.%)

	1	2	3	4
SiO ₂	37.55	36.60	36.43	36.47
TiO ₂	0.07	0.02	—	—
Al ₂ O ₃	21.05	20.53	20.58	20.65
FeO	24.90	24.03	8.14	4.14
MnO	6.59	17.53	34.75	38.72
MgO	0.38	0.06	—	—
CaO	9.14	1.02	0.22	0.30
Сумма	99.68	99.79	100.12	100.28

Формулы (на 8 катионов)

- (Fe_{1.66}Ca_{0.79}Mn_{0.45}Mg_{0.05})_{2.97}Al_{2.00}(SiO₄)₃; альмандин кальциевый
- (Fe_{1.66}Mn_{1.23}Ca_{0.09}Mg_{0.01})_{2.99}Al_{2.00}(SiO₄)₃; альмандин марганцевый
- (Mn_{2.42}Fe_{0.56}Ca_{0.02})_{3.00}Al_{2.00}(SiO₄)₃; спессартин железистый
- (Mn_{2.69}Fe_{0.28}Ca_{0.03})_{3.00}Al_{2.00}(SiO₄)₃; спессартин

чатый, уплощённый по оси [100], до 1–2 см (рис. 6с, d). Состав раннего манганоколумбита из графической зоны и этого же минерала во внутренних частях таблитчатых зёрен из блоковой зоны характеризуется повышенными содержаниями Nb₂O₅ (50–60 мас.%) и FeO (1.7–2.1 мас. % и меньшими – Ta₂O₅ (19–27 мас. %); поздние зоны таблитчатых кристаллов манганоколумбита содержат 37–48 мас.% Ta₂O₅ (табл. 5; рис. 7). В эмпирических формулах, рассчитанных по результатам микрозондовых анализов, отмечается небольшой избыток катионов (Mn + Fe), что может быть обусловлено примазками гидроксидов этих элементов по тончайшим трещинкам в манганоколумбите.

Мелкие зёрна коричневого **касситерита** (1–2 мм), внутри которых можно различить тёмно- и светлоокрашенные тонкие зоны, представляют собой субизометричные двойники по {101} с габитусными гранями дипирамиды $s\{111\}$ (рис. 8). Наиболее светлые, коричневатые-желтоватые его зоны (SnO₂ – 99.4 мас.%) содержат незначительные примеси MnO и Ta₂O₅ (0.07–0.12 мас. %). Состав чёрно-коричневого зерна (мас. %): SnO₂ 86.64; Ta₂O₅ 10.64; Nb₂O₅ 0.91; MnO 1.73; FeO 0.07; сумма 99.99 (среднее из

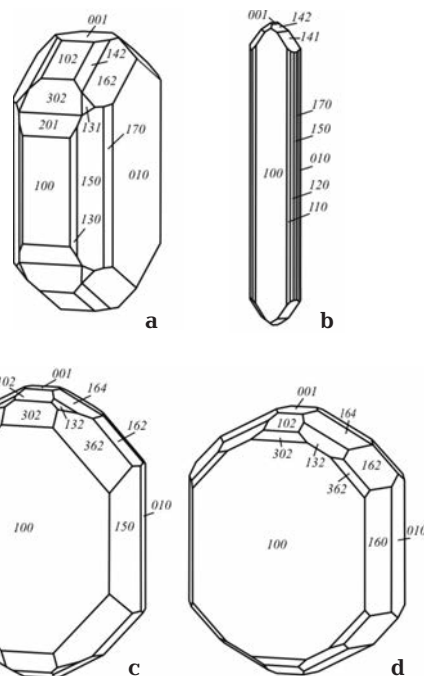


Рис. 6. Форма кристаллов манганоколумбита из графического пегматита (а, b) и блоковой зоны жилы (с, d).

двух анализов), что соответствует эмпирической формуле (Sn_{0.88}Ta_{0.07}Mn_{0.04}Nb_{0.01})O₂. В других подобных зёрнах соотношение Mn:Ta = 1:2, что даёт основание предполагать в касситерите наличие около 4 мол.% «манганотанталитового» минерала MnTa₂O₆ (или микровключений манганотанталита, пока не обнаруженных).

Кристаллы **монацита-(Ce)** в пегматите коричневатые-жёлтые, прозрачные до полупрозрачных, величиной до 1–3 мм. Они разнообразны по облику, но довольно просты по форме (рис. 9). В более ранних кристаллах среди редкоземельных элементов преобладают Ce и Nd, а в более позднем монаците (из блоковой зоны) – Ce и Sm; поздний монацит содержит и больше тория при относительной однородности состава (табл. 6).

Совершенно необычны в этой жиле мелкие кристаллики **микрولита** (до 1–1.5 мм) – полупрозрачные серовато-жёлтые, зеленоватые и коричневатые-зеленоватые октаэдры с узкими и редкими «полосками» граней ромбододекаэдра и ещё более редкими – крохотными гранями куба (по внешнему виду зёрна могут быть приняты за ксенотим). Иногда кристаллики пятнистые по окраске или явно зональные – мутные коричневатые, с

Таблица 5. Химический состав зон кристаллов манганоколумбита (микрзонд, мас.%)

	Рис. 7а			Рис. 7б			
	1	2	3	4	5	6	
MnO	17.60	17.23	17.32	18.93	17.70	18.16	17.34
FeO	1.68	0.35	0.32	0.18	—	—	2.07
Nb ₂ O ₅	54.45	33.40	33.14	52.23	39.82	44.50	60.89
Ta ₂ O ₅	25.50	48.34	48.56	27.44	41.35	37.48	18.80
TiO ₂	0.70	0.65	0.64	0.55	0.65	0.11	0.54
SnO ₂	—	—	—	0.28	0.11	0.03	—
Сумма	99.93	99.97	99.98	99.61	99.63	100.28	99.64
Формулы (O=6)							
1	$(\text{Mn}_{0.93}\text{Fe}_{0.09})_{1.02}(\text{Nb}_{1.53}\text{Ta}_{0.43}\text{Ti}_{0.03})_{1.99}\text{O}_6$						
2	$(\text{Mn}_{1.01}\text{Fe}_{0.02})_{1.03}(\text{Nb}_{1.05}\text{Ta}_{0.91}\text{Ti}_{0.03})_{1.99}\text{O}_6$						
3	$(\text{Mn}_{1.02}\text{Fe}_{0.02})_{1.04}(\text{Nb}_{1.04}\text{Ta}_{0.92}\text{Ti}_{0.03})_{1.99}\text{O}_6$						
4	$(\text{Mn}_{1.01}\text{Fe}_{0.01})_{1.02}(\text{Nb}_{1.49}\text{Ta}_{0.47}\text{Ti}_{0.03}\text{Sn}_{0.01})_{2.00}\text{O}_6$						
5	$\text{Mn}_{1.01}(\text{Nb}_{1.21}\text{Ta}_{0.76}\text{Ti}_{0.03})_{2.00}\text{O}_6$						
6	$\text{Mn}_{1.01}(\text{Nb}_{1.32}\text{Ta}_{0.67}\text{Ti}_{0.01})_{2.00}\text{O}_6$						
7	$(\text{Mn}_{0.89}\text{Fe}_{0.11})_{1.00}(\text{Nb}_{1.67}\text{Ta}_{0.31}\text{Ti}_{0.02})_{2.00}\text{O}_6$						

Примечание: анализы 1–3 и 4–6 – последовательные зоны двух кристаллов от центра к краю (из блоковой зоны жилы); анализ 7 – более ранний манганоколумбит из графической зоны пегматита.

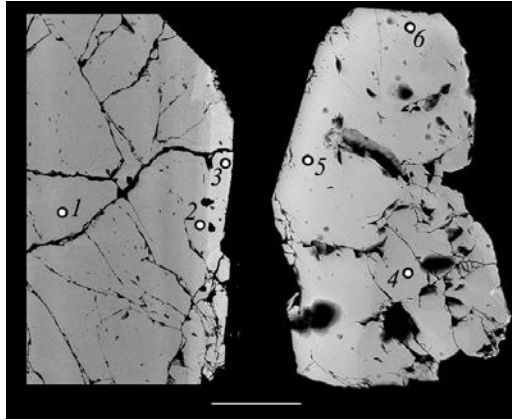


Рис. 7. Части зональных кристаллов манганоколумбита. В отражённых электронах (цифры у точек – номера анализов в табл. 5).

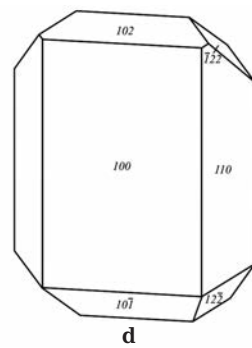
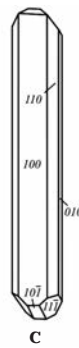
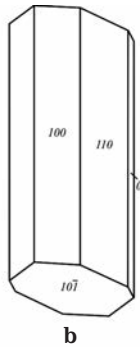
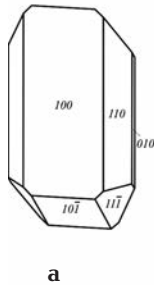
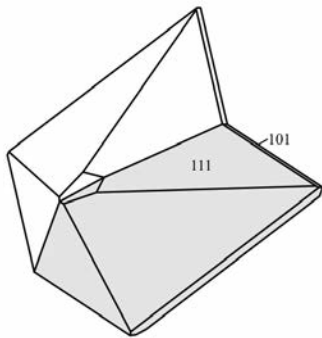


Рис. 8. Двойник касситерита по {101}.

Рис. 9. Форма кристаллов монацита-(Ce) в последовательных зонах пегматита от ранних к поздним.

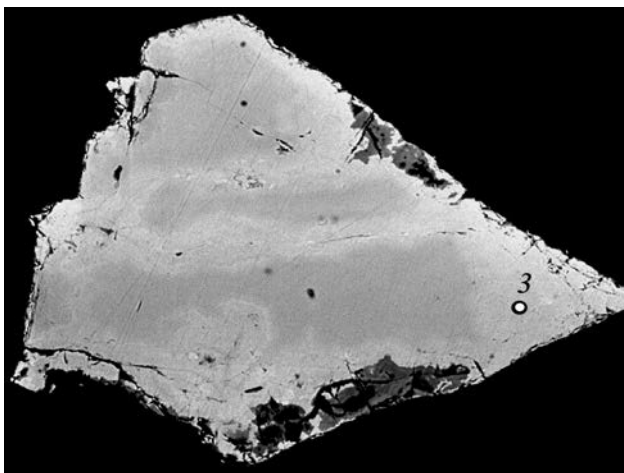


Рис. 10. Зерно микроклита (светло-серое) с более светлыми участками замещения парапаромикроклитом. В отражённых электронах (точка 3 – см. табл. 7).

Таблица 6. Химический состав монацита-(Ce) (микрозонд, мас.%)

	1	2	3	4
CaO	1.35	2.36	2.37	2.71
La ₂ O ₃	5.41	4.80	4.68	4.18
Ce ₂ O ₃	21.72	17.75	15.98	15.89
Pr ₂ O ₃	5.29	2.44	2.46	2.98
Nd ₂ O ₃	15.52	9.71	9.94	9.84
Sm ₂ O ₃	5.13	14.13	13.58	13.79
Gd ₂ O ₃	8.38	9.78	9.72	9.41
Tb ₂ O ₃	—	0.19	0.18	0.61
ThO ₂	5.57	7.85	8.20	8.38
UO ₂	1.09	0.47	0.66	1.23
P ₂ O ₅	27.87	29.05	29.08	29.15
SiO ₂	1.27	1.00	1.10	0.82
Сумма	98.60	99.53	99.55	98.99

Формулы (O=4)

- 1 (Ce_{0.32}Nd_{0.22}Gd_{0.11}La_{0.08}Pr_{0.09}Sm_{0.07}Ca_{0.06}Th_{0.05}U_{0.01})_{1.0}(P_{0.95}Si_{0.05})_{1.00}O₄ⁱ
 2 (Ce_{0.26}Sm_{0.19}Nd_{0.14}Gd_{0.13}La_{0.07}Pr_{0.04}Ca_{0.10}Th_{0.07})_{1.00}(P_{0.97}Si_{0.04})_{1.01}O₄ⁱ
 3 (Ce_{0.25}Sm_{0.19}Nd_{0.14}Gd_{0.13}La_{0.07}Pr_{0.04}Ca_{0.10}Th_{0.07}U_{0.01})_{1.00}(P_{0.97}Si_{0.04})_{1.01}O₄ⁱ
 4 (Ce_{0.23}Sm_{0.19}Nd_{0.14}Gd_{0.12}La_{0.06}Pr_{0.04}Ca_{0.10}Th_{0.08}U_{0.01})_{0.97}(P_{0.89}Si_{0.03})_{1.01}O₄ⁱ

Примечание: анализы 2–4 – в одном кристалле от центра к краю.

зеленоватой полупрозрачной или прозрачной периферической зоной. В разных зёрнах определены примеси Sn, U и незначительные – Ba (табл. 7, ан. 1–2). В некоторых зёрнах с периферии и около трещин микролит замещён ураносодержащим **парабариомикролитом** (рис. 10), который ранее на Урале не отмечался. Процесс замещения, очевидно, шел с выносом Na, Ca, F и привнесом Ba (табл. 7, ан. 3). Редкие коричневатые кристаллики и расщеплённые сростки **циркона** (циртолита) величиной 1–3 мм характеризуются высоким содержанием HfO₂ (10–13 мас.%) и малой примесью тория и урана (0.1–0.4 мас.%).

Обсуждение результатов и выводы

Глубостровская жила гранитного пегматита наиболее близка известным на Урале жилам Светлинского пегматитового поля (Таланцев, 1988) и Мурзинки (Попова и др., 2002) с бериллом, топазом, микролитом, касситеритом, монацитом, ферроколумбитом, манганоколумбитом, манганотанталитом и литийсодержащими слюдами – мусковитом и лепидолитом. Но выделяется Глубостровская жила наличием крупных пластин железистого масутомилита, до 5–20 см. В уральских пегматитах маложелезистый розово-фиолетовый масутомилит величиной до 2 см с со-

Таблица 7. Состав микролита (1–2) и парабариомикролита (3) Глубостровской жилы (микрозонд, мас.%)

	1	2	3
Na ₂ O	4.50	5.30	—
CaO	9.95	10.15	0.69
MnO	—	—	0.16
BaO	0.34	0.20	10.10
SnO ₂	1.74	2.12	2.74
UO ₂	4.95	0.42	4.98
Nb ₂ O ₅	4.50	5.52	5.49
Ta ₂ O ₅	70.60	72.70	73.60
F	3.35	3.50	—
Сумма	99.93	99.91	97.76

Формулы (ан. 1–2 – расчёт на 4 катиона, ан. 3 – на 5 катионов)

- 1 (Na_{0.82}Ca_{1.00}U_{0.10}Sn_{0.07}Ba_{0.01})_{2.00}(Ta_{1.80}Nb_{0.19})_{1.99}O₆F_{1.00}ⁱ
 2 (Na_{0.93}Ca_{0.98}Sn_{0.08}U_{0.01}Ba_{0.01})_{2.01}(Ta_{1.78}Nb_{0.22})₂O₆F_{0.99}ⁱ
 3 (Ba_{0.67}U_{0.19}Ca_{0.13}Mn_{0.02})_{1.01}(Ta_{3.39}Nb_{0.42}Sn_{0.18})_{3.99}O₁₀(OH)₂ⁱ

Примечание: прочерк – не обнаружено. Условия микророзового анализа (как и в предыдущих таблицах) указаны в тексте; фтор определён с помощью WDS на JXA-733 в Институте минералогии УрО РАН, аналитик В.А. Мухомов.

держанием MnO 6.6–7.7 мас.%, выросший на мусковит, впервые был найден в Ильменских горах (Белогуб, 1992). В жиле Мокруша Алабашского поля безжелезистый коричневатый фиолетовый масутомилит с 5 мас.% MnO встречен в кристаллах литиевых слюд как внутренние зоны толщиной до 1 см, перемежающиеся с трилитионитом (циннвальдитом) и сменяющиеся к периферии полилитионитом (Попова и др., 2002). Масутомилит с 8 мас.% MnO, образующий внутреннюю зону в 10-сантиметровой пластине слюды с наружной зоной циннвальдита (трилитионита), впервые был открыт в Японии (в небольшой полости гранитного пегматита месторождения Танакамияма) в 1975 г.; там же, в месторождении Тавара, найден и железистый масутомилит с 4.27 мас.% MnO (Минералы, 1992). Известен масутомилит и в пегматитах Алжира, Чехии, США (<http://www.mindat.org/min-2588.html>). Железистый масутомилит Глубостровского проявления лития на Южном Урале отличается от японского не только своей величиной, но и более высокими содержаниями железа и марганца и меньшими – лития. Поздний розоватый берилл обогащён редкими щелочами, монацит-(Ce) – самарием, циркон – гафнием.

Парабариомикролит Глубостровской жилы, как и бразильский парабариомикролит

из гранитного пегматита Альту ду Гиз в Бразилии (Ercit *et al.*, 1986; цит. по: Кудряшова, Рождественская, 1988), метасоматически развит по микролиту, но отличается от бразильского желтовато-зеленоватым цветом и содержит существенные примеси U, Ca, Nb, Sn (см. табл. 7, ан. 3). Насколько известно, находка парабариомикролита — первая на Урале и в России (и вторая в мире).

Благодарности

Авторы благодарны всем своим помощникам — И.В. Карлову, К.А. Захарову, А.В. Боброву, Д.А. Шумилину, Т.М. Рахматуллину, Р.М. Рахматуллину, А.Г. Кораблёву, Е.П. Макагонову, В.А. Попову — в трудах по вскрытию пегматитовой жилы и отбору образцов и проб для исследования. Выражаем признательность сотрудникам Института минералогии — М.Н. Малярёнок за анализ редких щелочей, Т.М. Рябухиной и Е.Д. Зенович за съёмку рентгенограмм, В.А. Попову за фото образцов минералов и Е.И. Лекаревой за помощь в выполнении графических рисунков.

Литература

Белогуб Е.В. Масутомилит из гранитного пегматита копи 255 Ильменского заповедника // Минералы и минеральное сырьё Урала. Екатеринбург: УрО РАН, **1992**. С. 21 — 25.
Геология СССР. Т. XII. Полезные ископаемые. М.: Недра, **1973**. 632 с.

Колисниченко С.В., Захаров К. Лепидолитовая копь: Глубостровское проявление лепидолита // Одиннадцатые Всеросс. научн. чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. Миасс: ИМин УрО РАН, **2010**. С. 12 — 16.

Кудряшова В.И., Рождественская И.В. Новые минералы. XLII // Зап. ВМО. **1988**. № 6. С. 717 (парабариомикролит).

Минералы. Справочник. Т. IV. Вып. 1. М.: Наука, **1992**. 599 с.

Попова В.И., Долгопят Л.Г. О возможности оценки содержания фтора в топазе по величине параметра ячейки b_0 // Минералы и минеральное сырьё горно-промышленных районов Урала. Свердловск: УрО АН СССР, **1989**. С. 47 — 52.

Попова В.И., Попов В.А., Канонеров А.А. Мурзинка: Алабашское пегматитовое поле / Минералогический альманах. М.: ТО «Земля», Ассоциация Экоств. **2002**. Т. 5. 128 с.

Таланцев А.С. Камерные пегматиты Урала. М.: Наука, **1988**. 144 с.

Таланцев А.С. Поисковые работы на литий в районе озера Глубострово (на увале Заячьих горы) // Геологический отчёт о результатах работ Ильменогорской партии в районе г. Кыштыма в 1956 — 1958 годах. Миасс, **1959**. С. 116 — 123 (Фонды «Челябинскнедра»).

Ercit T.S., Hawthorne F.C., Cerny P. Parabariomicrolite, a new species, and its structural relationship to the pyrochlore group // Can. Min. **1986**. Vol. 24. No. 4. P. 655 — 663.

<http://www.mindat.org/min-2588.html> (Masutomilite).