

ПОЛИХРОМНЫЕ ТУРМАЛИНЫ И ЛЕПИДОЛИТ ИЗ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Ю. В. Ерохин, А. В. Захаров

Липовские копи стали знамениты на весь мир именно благодаря добыче рубеллитов. Первая находка цветного турмалина в этом районе датируется примерно весной 1900 г. [6]. В дореволюционный период Липовские копи изучали ряд видных исследователей, таких как П.Л. Драверт (1904 г.), В.И. Воробьев (1901–1904 гг.), В.И. Вернадский (1908 г.), К.А. Ненадкевич и В.И. Крыжановский (1911 г.). В 1912–1916 гг. и позднее эти копи посетил А.Е. Ферсман, который оставил наиболее подробные из сохранившихся, свидетельства о проведенных здесь работах в течение первых десятилетий [6]. С 1921 года работы на Липовском месторождении розовых турмалинов вела Райруда, в рядом расположенном селе был центр – контора под руководством Г.Г. Китаева – известного уральского горщика и крупного специалиста по драгоценным и коллекционным камням Среднего Урала (на копи работало в год до 120 человек) [9]. Одновременно проводилась старательская добыча турмалинов вплоть до 1930 г. Значительно позднее, в 1956 г., было открыто Липовское месторождение силикатно-никеля [1], в процессе разработки которого были обнаружены новые пегматитовые тела с розовыми турмалинами. Наиболее богаты цветными турмалинами были два пегматитовых тела копи Шерловой – жилы Топоркова и Старательская, которые и разрабатывались в начале XX в. [4]. Эти жилы и были подсечены и разведаны в 1968–1970 гг. геологами Режевского никелевого завода по заданию “Главникелькобальт” [1]. В 1991 г. месторождение силикатного никеля было отработано и карьеры с пегматитовыми жилами были затоплены.

Липовское пегматитовое поле расположено на Среднем Урале, в Режевском районе Свердловской области. Оно находится в 70 км к северо-северо-востоку от города Екатеринбурга и в 20 км к северо-западу от города Реж. Пегматиты Липовского поля приурочены к синклинальной структуре, зажатой между тремя крупными гранитными массивами – Мурзинским (с северо-запада), Адуйским (с юго-запада) и Соколовским (с востока). Сама синклиналь сложена метаморфическими породами, относящимися к мурзинской свите (предположительно протерозойского возраста) гнейсами различного состава и амфиболитами [1, 6 и др.]. В виде отдельных блоков в данной толще отмечаются тела серпентинитов и мраморов, которые тектониче-

ски перемежаются друг с другом. С последними породами связано известное Липовское месторождение силикатно-никелевых руд. Гранитные пегматиты широко распространены в пределах Липовского поля и обычно представлены редкометальными и простым типами. Другие разновидности пегматитов (десилицированные, хризоберилловые и др.) встречаются гораздо реже. Минеральный состав гранитных пегматитов Липовки достаточно хорошо охарактеризован в недавней работе [6].

В настоящей работе мы приводим изучение полихромных турмалинов и лепидолита из редкометальных пегматитов Липовского жильного поля. Были исследованы образцы из лепидолитовой “кипелки” жилы “Немецкая” (или “Сибирячка”), которая была открыта в 2005 г. и расположена в западной части карьера № 6. Пегматит имеет плитообразную форму, мощностью до 30–40 см, с северо-восточным простиранием и падением под углом 60° на северо-запад, и сечет серпентиниты. В этой жиле было вскрыто несколько миарол (занорышей) с розовыми и полихромными турмалинами и голубыми топазами [4].

Химический состав цветных турмалинов Липовки изучен достаточно хорошо, в основном они сложены эльбаитом (окрашенные разности) и редко россманином (бесцветные разности). Первые данные по составу цветных турмалинов были приведены сравнительно недавно [7], а в последнее время опубликованы работы по химизму и зональности литиевых боросиликатов [5, 6]. Мы также решили изучить химический состав полихромного турмалина из “Немецкой” жилы (см. табл. 1). Для этой цели был отобран кристалл рубеллита с грубой поперечно-полосчатой зональностью (в продольном сечении) от малинового цвета (вершина кристалла) через розовый центр к бледно-зеленоватому основанию. В поперечном срезе в индивидууме отмечается концентрическая зональность с зеленоватой сердцевинной и розовой каймой. Продольный срез кристалла и расположение точек микронзондовых анализов представлено на рис. 1.

По данным микронзондового профилирования можно говорить, что визуальная окраска турмалина хорошо согласуется с изменениями в химическом составе. Розовые и малиновые зоны боросиликата обогащены марганцем, железом, кальцием, натрием и фтором, зеленоватые соответствен-

Таблица 1. Химический состав (мас. %) турмалина (продольный срез кристалла)

Оксиды	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	39.01	38.76	38.96	38.56	38.90	38.70	38.88	39.51
TiO ₂	–	0.06	0.04	–	0.04	0.04	–	0.06
Al ₂ O ₃	40.05	40.35	41.24	43.32	43.46	40.75	40.04	42.20
Cr ₂ O ₃	–	–	0.01	–	–	–	–	0.04
FeO	0.59	0.25	0.10	–	0.02	0.52	0.45	0.05
MnO	1.76	1.55	0.61	0.12	0.02	1.45	1.90	0.27
MgO	–	0.01	–	–	0.01	–	–	–
CaO	0.60	0.70	0.54	0.32	0.04	0.46	0.63	0.13
Na ₂ O	2.17	2.07	2.16	1.73	1.78	2.12	2.13	1.94
K ₂ O	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cs ₂ O	–	–	–	0.08	–	0.01	–	0.02
Li ₂ O*	1.46	1.51	1.51	1.35	1.35	1.46	1.46	1.46
F	1.20	1.26	1.66	0.67	0.67	1.22	1.20	0.77
O≡F ₂	–0.51	–0.53	–0.70	–0.28	–0.28	–0.51	–0.51	–0.32
Сумма	86.34	86.01	86.14	85.88	86.02	86.23	86.19	86.14
Кристаллохимические формулы								
1	(Na _{0.65} Ca _{0.10}) _{0.75} (Al _{1.73} Li _{0.95} Mn _{0.24} Fe _{0.08}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.71}) ₄							
2	(Na _{0.62} Ca _{0.12}) _{0.74} (Al _{1.76} Li _{0.99} Mn _{0.21} Fe _{0.03} Ti _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.25} F _{0.75}) ₄							
3	(Na _{0.64} Ca _{0.09}) _{0.73} (Al _{1.91} Li _{1.00} Mn _{0.08} Fe _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.98}) ₄							
4	(Na _{0.52} Ca _{0.05}) _{0.57} (Al _{2.13} Li _{0.84} Mn _{0.02} Cs _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.60} F _{0.40}) ₄							
5	(Na _{0.53} Ca _{0.01}) _{0.54} (Al _{2.16} Li _{0.84}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.60} F _{0.40}) ₄							
6	(Na _{0.64} Ca _{0.08}) _{0.72} (Al _{1.77} Li _{0.94} Mn _{0.20} Fe _{0.07}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.27} F _{0.73}) ₄							
7	(Na _{0.64} Ca _{0.10}) _{0.74} (Al _{1.72} Li _{0.96} Mn _{0.26} Fe _{0.06}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.71}) ₄							
8	(Na _{0.57} Ca _{0.02}) _{0.59} (Al _{2.00} Li _{0.95} Mn _{0.04} Fe _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.57} F _{0.43}) ₄							

Примечание. ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер; * – литий определялся методом ICP-MS для каждой цветовой монофракции (см. табл. 3).

но наоборот и при этом содержат чуть больше глинозема. Содержание лития в каждой цветной зоне было установлено методом ICP-MS (см. табл. 3) и при пересчете на окисел они вполне хорошо соотносились с ранее опубликованными результатами. К примеру, в работе [7] количество Li₂O для разноокрашенных эльбаитов приводится от 1.1 до 1.6 мас. %. Исходя из кристаллохимических расчетов, весь индивид турмалина является эльбаитом, особенно розовая и малиновая части кристалла, в тоже время зеленоватая зона приближается к границе раздела эльбаита и россманита. В целом, результаты микронзондовых анализов достаточно хорошо согласуются с данными предыдущих исследователей [6, 7 и др.]. Главным отличием является содержание фтора, который в розовой и малиновой зоне турмалина варьирует от 1.2

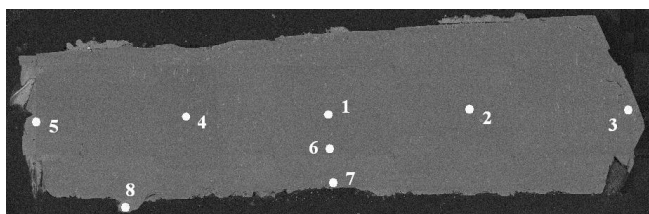


Рис. 1. Продольный срез кристалла, длина ~2 см. Снимок BSE, Cameca SX 100. Анализы ан. 1, 6–7 – розовая зона; 2–3 – малиновая зона; ан. 4–5, 8 – бледно-зеленоватая зона.

до 1.7 мас. %, что уже позволяет относить минерал к фтор-эльбаиту (на данный момент выделен как гипотетический крайний член).

Химический состав лепидолита из Липовки изучен не очень хорошо, первые данные по его составу появились только в последнее время, и он был определен как трилитионит [6]. Результаты наших исследований показывают, что составы лепидолита из “кипелки” занимают промежуточное значение между трилитионитом и полилитионитом (см. табл. 2). Их в равной степени можно относить к обоим минеральным видам. Слюда является предельно фтористой и содержит большое количество лития (Li₂O до 6.5 мас. %). Кроме того, отмечается небольшая вариация составов по марганцу (от 0.7 до 1.6 мас. %) и цезию (от 0.4 до 1 мас. %). В слюдяной массе постоянно присутствуют мелкие индивиды танталониобатов, литиевых турмалинов, топаза и других минералов.

Микроэлементный состав турмалинов и лепидолита был установлен методом ICP-MS (см. табл. 3). Были отобраны монофракции цветных зон полихромного турмалина – зеленоватый, розовый и малиновый эльбаит. В турмалине наблюдаются аномально высокие содержания Na (до 19000 г/т), Mn (до 7400 г/т) и Li (до 7000 г/т). Данные элементы входят в состав минерала, поэтому их количество так велико. Некоторые элементы имеют концентрации до 1000 г/т, такие, как Ti (до 460 г/т),

Таблица 2. Химический состав (мас. %) лепидолита

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	51.51	55.02	56.17	51.69	55.46	50.65	51.06	51.96
TiO ₂	0.10	0.06	0.05	0.03	0.09	0.08	0.13	0.05
Al ₂ O ₃	22.20	19.57	18.14	22.61	18.46	24.01	23.73	22.04
Cr ₂ O ₃	–	0.19	–	0.30	0.20	0.04	–	0.02
FeO	0.03	0.16	0.04	0.05	0.15	0.05	0.02	0.04
MnO	1.11	0.70	0.72	0.94	0.69	1.45	1.64	1.43
MgO	0.03	0.21	0.04	0.04	0.06	0.01	0.01	–
CaO	–	0.04	–	–	0.02	0.01	–	0.01
Na ₂ O	0.24	0.13	0.13	0.27	0.10	0.29	0.24	0.15
K ₂ O	9.96	9.75	10.32	9.94	10.07	10.15	10.15	10.38
Rb ₂ O	1.25	1.04	1.04	1.16	1.11	1.20	1.42	1.30
Li ₂ O*	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
Cs ₂ O	0.96	0.82	0.83	0.98	0.89	0.36	0.41	0.49
F	8.40	9.17	9.19	8.64	8.52	8.43	7.78	8.94
O≡F ₂	–3.54	–3.86	–3.87	–3.64	–3.59	–3.55	–3.28	–3.76
Сумма	98.70	99.45	99.25	99.46	98.68	99.63	99.76	99.50
Кристаллохимические формулы								
1	(K _{0.85} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.03}) _{0.96} (Li _{1.74} Al _{1.24} Mn _{0.06}) _{3.04} [(Si _{3.46} Al _{0.53} Ti _{0.01}) ₄ O ₁₀]F _{2.07}							
2	(K _{0.84} Rb _{0.04} Cs _{0.02} Na _{0.02}) _{0.92} (Li _{1.74} Al _{1.26} Mn _{0.04} Mg _{0.02} Cr _{0.01} Fe _{0.01}) _{3.08} [(Si _{3.70} Al _{0.30}) ₄ O ₁₀]F _{2.26}							
3	(K _{0.89} Rb _{0.04} Cs _{0.02} Na _{0.02}) _{0.97} (Li _{1.75} Al _{1.24} Mn _{0.04}) _{3.03} [(Si _{3.79} Al _{0.21}) ₄ O ₁₀]F _{2.27}							
4	(K _{0.85} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.03}) _{0.96} (Li _{1.73} Al _{1.24} Mn _{0.05} Cr _{0.02}) _{3.04} [(Si _{3.45} Al _{0.55}) ₄ O ₁₀]F _{2.11}							
5	(K _{0.87} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.75} Al _{1.22} Mn _{0.04} Mg _{0.01} Cr _{0.01} Fe _{0.01}) _{3.04} [(Si _{3.75} Al _{0.25}) ₄ O ₁₀]F _{2.11}							
6	(K _{0.86} Rb _{0.05} Na _{0.04} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.72} Al _{1.24} Mn _{0.08}) _{3.04} [(Si _{3.36} Al _{0.64}) ₄ O ₁₀]F _{2.05}							
7	(K _{0.86} Rb _{0.06} Na _{0.03} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.72} Al _{1.23} Mn _{0.09}) _{3.04} [(Si _{3.38} Al _{0.61} Ti _{0.01}) ₄ O ₁₀](F _{1.88} OH _{0.12}) ₂							
8	(K _{0.88} Rb _{0.05} Na _{0.02} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.74} Al _{1.22} Mn _{0.08}) _{3.04} [(Si _{3.47} Al _{0.53}) ₄ O ₁₀]F _{2.19}							

Примечание. ИГГ УрО РАН, Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер; * – литий определялся атомно-абсорбционным методом в монокристаллах лепидолита (ИГГ УрО РАН, аналитик Е.А. Галиянина).

Zn (до 242 г/т), Ga (до 230 г/т), Bi (до 550 г/т) и Pb (до 310 г/т). Обогащение турмалина этими компонентами объясняется тем, что в матрице минерала часто наблюдаются мелкие включения (до 100–200 мкм) различных тантало-ниобатов. Остальные элементы отличаются меньшими содержаниями, особенно это касается лантаноидов, уровень концентрации которых крайне низок. При нормировании на хондрит, спектры лантаноидов в цветных турмалинах показывают практически одинаковое распределение с плавным нарастанием легких РЗЭ и слабой негативной европиевой аномалией (см. рис. 2). Различия наблюдаются только в общем содержании редких земель и как видно из графика, максимальная концентрация лантаноидов характерна для вершинных частей кристаллов. Неясным остается положительная аномалия иттербия в зеленой и малиновой зоне эльбаита. Возможно, это связано с попаданием в пробу микровключений тантало-ниобатов, но не исключается и аналитическая ошибка.

В лепидолите в свою очередь также наблюдаются аномально высокие содержания Li (до 16000 г/т), Mn (до 6800 г/т), Rb (до 5700 г/т) и Cs (до 4700 г/т). Данные элементы входят в состав минерала, поэтому их количество так велико. Некоторые элементы имеют концентрации до 500 г/т, такие, как Ti (до 389 г/т), W (до 114 г/т), Ga (до 100 г/т), Ta

(до 80 г/т), Ni (до 80 г/т) и Nb (до 60 г/т). Присутствие этих компонентов связывается с наличием мелких включений танталониобатов, которые достаточно часто наблюдаются в агрегате лепидолита. Остальные элементы отличаются еще меньшими содержаниями, особенно это касается лантаноидов, уровень концентрации которых крайне низок. При нормировании на хондрит, спектр лантаноидов в слюде показывает более низкое (по сравнению с

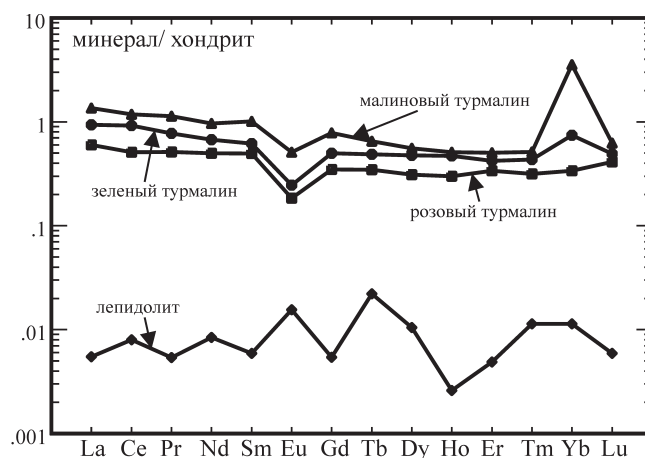


Рис. 2. Спектры распределения лантаноидов в турмалинах и лепидолите Липовских пегматитов, нормированные на хондрит (по [10]).

Таблица 3. Микроэлементный состав (в г/т) турмалина и лепидолита Липовки

Элементы	17л/09	18л/09	19л/09	8л/09	Элементы	17л/09	18л/09	19л/09	8л/09
Li	6297.7	6775.6	7022.3	15987	La	0.31	0.20	0.45	0.002
Be	40.98	42.71	59.68	25.87	Ce	0.80	0.44	1.02	0.007
Na	18705	16710	18244	1126	Pr	0.10	0.07	0.15	0.001
Sc	0.43	0.54	0.55	1.29	Nd	0.42	0.32	0.61	0.005
Ti	458.02	245.42	246.50	389.83	Sm	0.13	0.10	0.21	0.001
V	2.799	1.79	2.67	0.31	Eu	0.02	0.01	0.04	0.001
Cr	6.91	3.475	2.86	5.73	Gd	0.14	0.10	0.22	0.001
Mn	7375.1	3892.5	4723.7	6827.9	Tb	0.02	0.02	0.03	0.001
Co	0.91	0.49	0.60	1.23	Dy	0.16	0.11	0.19	0.004
Ni	6.44	4.30	5.09	84.37	Ho	0.04	0.02	0.04	0.0002
Cu	20.29	22.33	14.46	2.38	Er	0.10	0.08	0.11	0.001
Zn	242.41	82.43	64.39	52.57	Tm	0.02	0.01	0.02	0.0004
Ga	193.61	228.90	144.31	100.21	Yb	0.16	0.07	0.78	0.002
Ge	9.74	9.56	10.66	11.30	Lu	0.02	0.01	0.02	0.0002
Rb	3.87	17.17	4.92	5661.3	Hf	0.42	0.30	0.42	0.14
Sr	27.82	21.69	63.18	0.77	Ta	0.95	2.01	0.79	79.49
Y	0.72	0.41	0.78	0.002	W	0.05	0.43	0.074	114.56
Zr	13.45	9.66	13.77	0.69	Tl	0.06	0.18	0.077	36.04
Nb	1.33	1.13	0.63	57.37	Pb	170.81	149.26	307.70	3.30
Mo	0.18	0.10	0.08	2.60	Bi	398.31	386.32	549.90	4.39
Ag	0.36	0.28	0.37	1.14	Th	0.17	0.26	0.80	0.01
Cd	0.31	0.58	0.22	–	U	0.58	0.68	4.43	0.14
Sn	12.91	6.17	4.98	37.92	Cs	0.55	12.72	0.78	4704.2
Sb	35.01	29.95	82.93	1.45	Ba	52.63	39.73	49.69	0.86

Примечание. Масс-спектрометр ELAN-9000, аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чердиченко; 17л/09 – зеленая зона (основание кристалла), 18л/09 – розовая зона (центр), 19л/09 – малиновая зона (вершина кристалла), 8л/09 – лепидолитовая “кипелка”.

турмалинами) и практически пологое распределение с пилообразным строением кривой (см. рис. 2), что, по всей видимости, говорит о содержании элементов на уровне определения погрешности.

Таким образом, для литиевых турмалинов и слюды характерна крайне низкая концентрация редких земель. К примеру, турмалины из обычных гранитных пегматитов Липовского поля или жилы Южная (Адуйский массив) отличаются более высокими концентрациями РЗЭ [2, 3]. Кроме того, в изученных минералах в значительных количествах отмечаются элементы характерные для гипербазитов и базитов, такие как титан, никель, кобальт, хром и другие. Возможно, это напрямую связано с тем, что пегматитовые жилы с эльбаитом и лепидолитом залегают непосредственно в серпентинитах, и, по всей видимости, в момент формирования миароловых полостей наряду с кислыми флюидами было велико участие ультраосновной компоненты. В пользу этого предположения говорит постоянная и высокая контаминированность пегматитовых жил с цветным турмалином и литиевой слюдой (Липовские тела, копи Мора, Министерская яма и др. [8]). Кроме того, в лепидолитовой “кипелке” отмечаются самые низкие концентрации лантаноидов, почти на два порядка ниже, чем в более ранних цветных турмалинах. Учитывая, что она формировалась самой поздней из всей литиевой минерализации, то можно говорить о нарастании влияния “ультрабазитовой воды” в процессе кристаллизации данной ассоциации.

Таким образом, нами изучен химизм и геохимические черты полихромных турмалинов и лепидолита из Немецкой жилы Липовского пегматитового поля. При изучении химического состава зонального цветного турмалина показано, что розовая и малиновая зоны боросиликата сложены эльбаитом (или даже фтор-эльбаитом), а зеленоватая зона – эльбаитом с высоким содержанием минала россмани. Лепидолитовая “кипелка” по данным химического состава занимает промежуточное положение между полилититом и трилититом. Как для турмалинов, так и для слюды, установлена обедненность микроэлементным (в том числе и РЗЭ) составом, что, возможно, связано с формированием литиевой минеральной ассоциации из растворов, обогащенных ультрабазитовой компонентой.

Авторы благодарят руководство Режевского природно-минералогического заказника (ОГУПМЗ “Режевской”) за помощь в проведенных исследованиях. Исследования проведены при частичной поддержке проекта УрО 09-М-2345-2001 (“Освоение недр Земли...”) и РФФИ (11-05-00098а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Емлин Э.Ф., Вахрушева Н.В., Кайнов В.И.* Самоцветная полоса Урала: Режевской государственный природно-минералогический заказник. Путеводитель. Екатеринбург–Реж: УГГГА, 2002. 156 с.

2. *Ерохин Ю.В., Бычкова Н.С., Вахрушева Н.В., Шагалов Е.С.* Турмалины жилы Южная (Адуйское пегматитовое поле) // Уральская минералогическая школа 2005: мат-лы Всеросс. научн. конф. Екатеринбург: УГГУ, 2005. С. 27–33.
3. *Захаров А.В., Ерохин Ю.В., Каверина В.П.* Геохимия полихромных турмалинов из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) // Уральская минералогическая школа 2010. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. С. 69–72.
4. *Маликов А.И., Поленов Ю.А., Попов М.П., Шукшаев А.П.* Самоцветная полоса Урала. Екатеринбург: Сократ, 2007. 384 с.
5. *Меметова Л.Р., Пеков И.В., Брызгалов И.А.* Химический состав и зональность турмалинов в редкометалльно-самоцветных пегматитах Липовки, Средний Урал // Минералогические музеи: мат-лы 5 Международ. симп. СПб: СПбГУ, 2005. С. 151–153.
6. *Пеков И.В., Меметова Л.Р.* Минералы гранитных пегматитов Липовки, Средний Урал // В мире минералов. Минералогический альманах. М.: Альтум, 2008. № 13. С. 7–44.
7. *Сердюченко Д.П., Большакова Т.Н., Черепицкая Г.Е.* Турмалины из пегматитов и гранитов Липовки на Урале // Записки ВМО. 1984. Ч. 113, вып. 4. С. 478–485.
8. *Таланцев А.С.* Камерные пегматиты Урала. М.: Наука, 1988. 144 с.
9. *Ферсман А.Е.* Избранные труды. Т. VII. Драгоценные и цветные камни СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 592 с.
10. *Nakamura N.* Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites // Geochim. Cosmochim. Acta. 1974. V. 38. P. 757–775.