

В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов, Н.С. Бортников, И.В. Викентьев, О.Н. Звягина, В.А. Вилисов

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГУМБЕЙТОВ, ЭЙСИТОВ И РУД ШАРТАШСКОГО АДАМЕЛЛИТОВОГО МАССИВА (СР. УРАЛ) ПО ДАННЫМ ДОЛОМИТ-КАЛЬЦИТОВОГО ГЕОТЕРМОБАРОМЕТРА

Метасоматиты и рудная минерализация Шарташского массива, с которым обычно связываются кварцевые жилы Березовского золоторудного месторождения, в последнее время привлекают внимание многих исследователей (работы И.А. Бакшеева, А.И. Грабежева, Р.С. Куруленко, С.В. Прибавкина, В.Н. Сазонова, М.В. Середкина, Э.М. Спиридонова, Б.В. Чеснокова и др.).

Метасоматические породы, сопровождающие кварцевые жилы с полиметаллической минерализацией, первоначально отнесены к березитам [1]. Позднее [2,3] была отмечена необычность этих березитов, проявленная в наличии в колонках парагенезисов микроклина с серицитом и микроклина с альбитом, что сближало их с гумбеитами и эйситами. В [11] выделены ранние гумбеиты микроклиновой фации, сопровождающиеся кварцевыми (с молибденитом и шеелитом) и карбонат-микроклин-кварцевыми (с галенитом, айкинитом, халькопиритом, пиритом, висмутином и серебро-медно-висмутовыми сульфосолями) жилами, и поздние гумбеиты микроклин-серицитовой фации с кальцит-кварцевыми жилами (с галенитом, сфалеритом, тетраэдритом, бурнонитом). Список минералов ранних гумбеитов, особенно серебро-висмутовых и медно-свинцовых сульфосолей, был существенно дополнен (линдстремит, хаммарит, ходрушит, муммеит и т. д.) (Прибавкин и др., 1997). В работе [10] высказано мнение, что поздние гумбеиты - результат перерождения ранних гумбеитов в метасоматиты, близкие к березитам при падении температуры и активности калия.

В [9] развивается положение об эволюционном ряде метасоматитов, сопряженном с гранитоидами повышенной основности и щелочности, в котором гумбеиты сменяются березитами и эйситами при изменении условий петрогенезиса, вызванном характером развития трещинообразования и вариациями температур, рН гидротерм и химического потенциала калия во флюиде. При этом могут возникать метасоматиты, промежуточные по составу между конечными членами, и наблюдаться продукты разновременных стадий процесса на одном вертикальном и латеральном уровне. В частности, в Шарташском массиве нами встречены ранние гумбеиты, промежуточные между гумбеитами и березитами кварц-мусковит-калишпат-карбонатные метасоматиты (поздние гумбеиты по Э.М. Спиридонову) и альбит-карбонат-кварцевые метасоматиты (эйситы).

Рудная минерализация в метасоматитах и кварцевых жилах достаточно хорошо описана [5, 7, 8, 11]. Новым моментом является то, что серебро-висмутовые и медно-свинцовые сульфосоли оказались сопряженными не с ранними гумбеитами, как это полагалось ранее [8], а с метасоматитами эйситового типа, наложенными на гумбеитизированные (калишпатизированные) лампрофиры.

Нами проведено исследование карбонатных парагенезисов из различных метасоматических образований Шарташского массива, сопровождающих кварцевые жилы с рудной минерализацией, и в ряде случаев рассчитаны РТ-условия их образования по доломит-кальцитовому геотермобарометру [12] (см. таблицу).

Несмотря на постоянные упоминания в литературе о присутствии в колонках гумбеитов доломита, последний нами обнаружен только в межформационных гумбеитах-березитах в виде очень редких и мелких (до 0,1 мм) изометричных вростков в кальците. Кальцит - резко преобладающий карбонат, что, по-видимому, связано с низкой магнезиальностью исходных пород - 0,87% MgO в среднем, по 25 анализам адамеллитов по Р.С. Куруленко [3]. В гумбеитах, межформационных гумбеитах-березитах, а также ассоциирующих с ними кварцевых жилах кальцит представлен мелкими

РТ-условия формирования доломит-кальцитовых парагенезисов метасоматитов и кварцевых жил Шарташского массива

Номер образца	Минерал	CaCO ₃	MgCO ₃	FeCO ₃	MnCO ₃	Сумма	$\frac{Mg}{K_{Fe}}$	T ⁰ C. P, кбар
1186	к	92,10	0,73	4,09	2,49	99,41	0,0138	315
	д	51,09	24,90	19,93	2,95	98,87	0,1776	1,65
	к	95,74	0,35	0,50	2,80	99,39	0,0510	215
	д	45,90	41,93	13,19	2,01	103,03	0,0341	0,20
1118	к	97,14	1,42	0,29	1,02	99,87	0,0185	370
	д	56,61	38,18	0,54	2,20	97,53	0,1027	0,70
	к	94,52	0,97	1,02	2,89	99,40	0,0147	340
	д	51,44	33,61	12,51	2,55	100,11	0,0681	0,40
	к	94,44	0,69	0,89	3,33	99,35	0,0105	280
	д	53,86	39,54	2,82	3,35	99,57	0,1439	1,30
	к	97,07	0,24	0,46	1,61	99,38	0,0033	150
	д	53,44	39,71	1,74	3,22	98,11	0,0911	0,85
1183	к	97,37	0,94	0,44	1,19	99,94	0,0125	330
	д	51,39	37,94	8,59	0,94	98,86	0,0456	0,25
	к	95,82	1,49	0,70	1,97	99,98	0,0211	420
	д	52,07	31,18	17,40	0,84	101,49	0,0274	0,10
	к	96,09	1,70	0,56	1,69	100,04	0,0234	425
	д	52,69	37,42	7,49	2,82	100,42	0,0544	0,25
1119	к	97,39	0,80	0,46	0,96	99,61	0,0106	300
	д	52,59	40,86	5,56	1,57	100,58	0,0650	0,40
	к	98,39	0,31	0,19	0,84	99,73	0,0040	180
	д	55,44	39,43	3,30	1,38	99,55	0,0404	0,25
1185	к	96,82	0,31	1,10	1,30	99,53	0,0044	185
	д	52,42	30,21	13,98	1,71	98,32	0,0692	0,55
	к	95,47	0,21	1,76	1,97	99,41	0,0033	150
	д	47,45	32,43	20,54	0,36	100,78	0,0854	0,75

Примечание. Измерения проведены на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-5 в Институте геологии и геохимии УрО РАН (оператор В.А.Вилисов).

Образцы: 1186 - гумбеит-березит (Изоплитский карьер), 1118 - кварцевый прожилок в гумбеите-березите (Шарташский карьер), 1183 - эйсит по гумбеиту в залежьде кварцевой жилы (Шарташский карьер). 1119, 1185 - эйсит (Изоплитский карьер), Mg_k - приведенная магнезиальность кальцита. K_{Fe} - коэффициент распределения железа.

кристаллами (иногда отчетливо зональными - края менее магнезиальны, но более марганцовисты). угловатыми цементационными (интерстициальными) выделениями размерами до 2-3 мм, редко тонкими прожилками. Какие-либо зависимости морфологии и размерности выделений кальцита от их химического состава не проявлены.

Как известно, растворимость MgCO₃ в кальците в первом приближении является функцией температуры [13]. Магнезиальность кальцитов из гумбеитов, гумбеитов-березитов и кварцевых жил в них варьирует в широких пределах - 0,10 - 2,64% MgCO₃, что свидетельствует о сквозном отложении этого минерала в широком диапазоне температур от не менее 450 до менее 150°C (рис. 1). В области 1,0-1,4% MgCO₃ фиксируется разрыв ряда, соответствующий температурам 340-370°C. Очевидно, что этот период разделяет время формирования высокотемпературного кальцита (более 1,4% MgCO₃) в парагенезисе с микроклином, мусковитом, шеелитом и более низкотемпературного (менее 1% MgCO₃) - в парагенезисах с сульфидами. Данные температурные оценки для рассматриваемых метасоматитов находятся в хорошем соответствии с температурами образования гумбеитов Гумбейского месторождения (360-440°C), определенными по газовой-жидким включениям в кварце [11].

Как было указано выше, в межформационных гумбентах-березитах обнаружены парагенезисы кальцита и доломит-анкерита (0,5-19,9% FeCO₃) (см. таблицу, обр. 1118 и 1186). Оценки температур и давлений отражают условия отложения рудной составляющей: кристаллов пирита (по включениям карбонатов в них) в метасоматите (T=315°C, P=1,65 кбар), пирит-галенитовой ассоциации в прожилках кварца (T=370-150°C, P=1,3-0,4 кбар) и крупных выделений сфалерита (клеюфана) в метасоматите (T=215°C, P=0,2 кбар).

В эйситах парагенезисы кальцита и доломита более обычны, хотя количественно кальцит всегда преобладает над доломитом. Возможно, это связано с тем, что в изученных нами образцах мета-

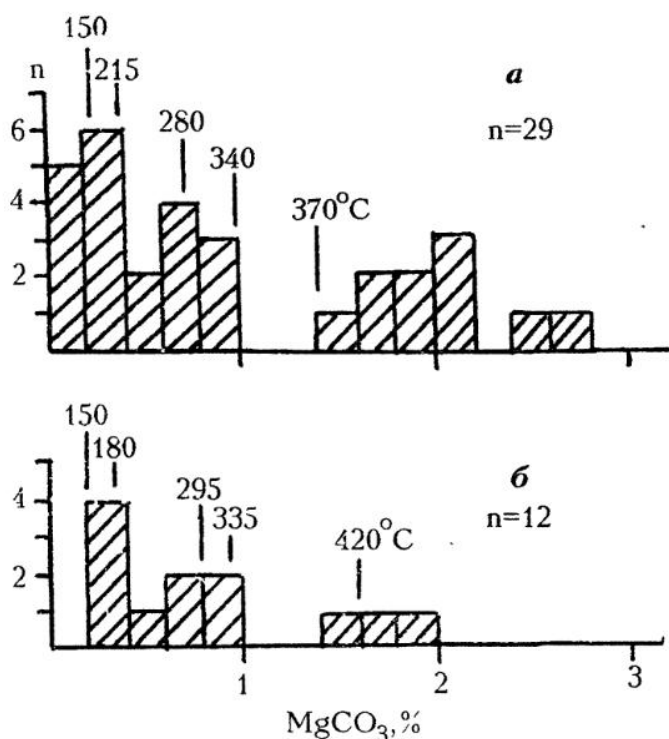


Рис.1. Магнезиальность кальцитов из гумбеитов, гумбеитов-березитов (а), эйситов (б) и связанных с ними кварцевых жил в Шарташском карьере.

Цифры указывают значения температур, определенных по доломит-кальцитовым парагенезисам

соматиты развивались по более магнезиальным породам (лампрофирам). Содержания MgCO₃ в кальцитах из эйситов и кварцевых жил аналогичны таковым из гумбеитов, что свидетельствует о значительном перекрытии температурных диапазонов их формирования (см. рис. 1). В Шарташском карьере (центральная часть массива) эйситы с тонким рассеянным пиритом зафиксированы в оторочке кварцевой жилы небольшой мощности, минерализованной сульфосолями Cu, Ag, Bi, Pb, где они развиваются по гумбеитам (образцы предоставлены С.В. Прибавкиным). В эйсите и зальбандах кварцевой жилы присутствуют гнезда высокомагнезиального кальцита (0,9-1,9% MgCO₃) с включениями кварца и доломит-анкерита (7,5-17,5% FeCO₃). Термобарические параметры их образования составили T=425-330°C и P=0,10-0,5 кбар (см. таблицу, обр. 1183). Повышенные температуры образования сульфосольной минерализации не противоречат оценкам их по парагенетическим соотношениям и миналам AgBiS₂ в галените - от выше 300°C до 230-210°C [8].

В Изоплитском карьере (северо-восточная часть массива) эйситы развиты значительно шире. Здесь они присутствуют как в маломощных (до 5 см) оторочках кварцевых жил с гнездами горного хрусталя, блеклой руды (обр. 1185), так и в виде мощных (до 1 м и более) блоков, сложенных кварц-карбонат-альбитовыми породами с рассеянными в них пиритом, рутилом и полостями, выполненными кристаллами кальцита и кварца (обр. 1119). Доломит (3,3-5,6% FeCO₃) в первом случае и доломит-анкерит (14,0-20,5% FeCO₃) во втором образуют изометричные вросстки в кальците. Температуры образования карбонатов из Изоплитского карьера (300-150°) более низкие, чем из Шарташского и отвечают, по-видимому, заключительным моментам формирования эйситовой рудно-метасоматической системы, а величины давления составили 0,25-0,75 кбар.

Полученные нами PT-условия формирования гумбеитов-березитов и эйситов свидетельствуют о значительном перекрытии температурных диапазонов формирования гумбеитов, гумбеитов-березитов, эйситов и березитов, начиная от температур 450-500°C. На этот факт обратил ранее внимание А.И.Грабежев [4], который показал, что температура формирования метасоматитов и сопряженных с ними кварцевых жил, локализованных в телах магматитов (березитов, грейзенов, альбитовых метасоматитов), является инертным параметром, а вещественное наполнение рудно-метасоматических образований определяется вариациями давлений и специализацией растворов.

Барические условия формирования гумбеитов с сопровождающими их кварц-шеелитовыми жилами в Шарташском массиве пока не определены, хотя по аналогии с гумбеитами собственно Гумбейского месторождения можно предположить, что они могут достигать значений 2,2-2,7 кбар [11]. Межформационные гумбеиты-березиты сформированы на фоне быстро понижающихся PT-параметров (рис.2, тренд 1), вплоть до температур 150°C и давления 0,2-0,3 кбар. Последние значения нами тракуются как гидростатические нагрузки, которые подтверждаются определениями по доло-

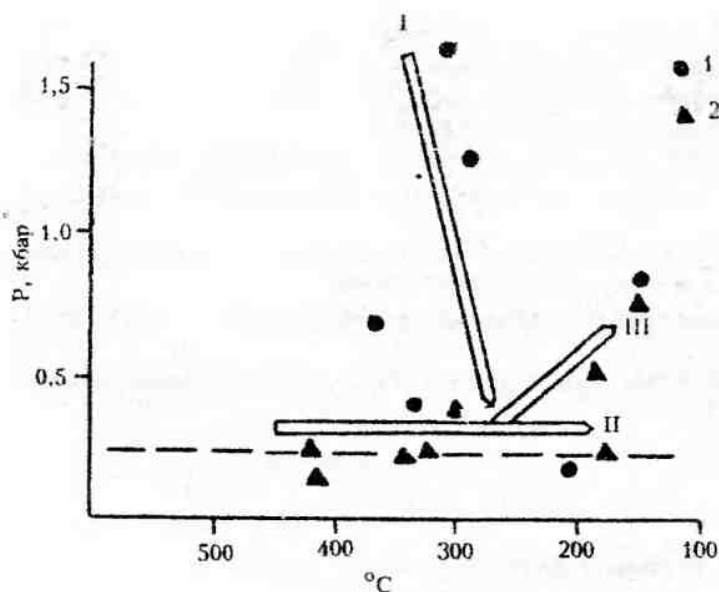


Рис. 2. P-T-условия формирования гомбеитов-березитов (1) и эйситов (2) Шарташского карьера по доломит-кальцитовому геотермобарометру.

Прерывистая линия - линия гидростатической нагрузки

мит-кальцитовому геотермобарометру для наиболее поздних карбонатных безрудных прожилков ($T=150-160^{\circ}\text{C}$ и $P=0,25-0,26$ кбар по неопубликованным материалам А.С.Таланцева) и самородных скоплений в кварц-карбонатных жилах Березовского месторождения [6]. Это дает нам основание утверждать, что уровень эрозионного среза для Березовского рудного поля составляет в первом приближении 2-3 км, чему соответствует присутствие гнезд с горным хрусталем, а также барита в кварцевых жилах [7].

Важными представляются зафиксированные нами внутрирудные тектонические подвижки и связанное с ними падение давления в гидротермальной системе до гидростатической нагрузки при высоких ($425-300^{\circ}\text{C}$) температурах. Можно предположить, что с резким падением давления связаны изменение отношения K/Na в растворе и формирование вдоль новообразованных трещин натриевых метасоматитов - эйситов. В наиболее крупных трещинах эйситы и связанная с ними $Ag-Cu-Bi-Pb$ сульфосольная минерализация эволюционировала при постепенном падении температуры до 150°C и почти постоянном низком давлении (см. тренд II на рис.2). В мелких зонах эйситизации по мере отложения вещества могло происходить закупоривание гидротермальной системы и некоторое повышение давлений (см. тренд III на рис. 2).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 96-05-66332).

Список литературы

1. Бородаевский Н.И., Бородаевская М.Б. Березовское рудное поле. М.: Metallurgizdat, 1947. 264 с.
2. Грабежнев А.И. Особенности березитизации гранитсидов Шарташского массива на Среднем Урале // Тр. Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР. 1970. Вып.86. С. 10-14.
3. Грабежнев А.И. Метасоматизм, рудообразование и гранитный магматизм. М.: Наука. 1981. 292 с.
4. Грабежнев А.И. Об одинаковом интервале температур формирования уральских золоторудных и редкометальных гидротермальных месторождений и соответственно березитов и грейзенов // Ежегодник-1972 Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР. Свердловск, 1973. С. 154-157.
5. Куруленко Р.С., Яблонская Л.В., Шерстобитова Л.А. Использование меднорудной минерализации для оценки условий образования сульфидно-кварцевых жил Шарташского массива // Ежегодник-1984 Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР. Свердловск, 1985. С.89-90.
6. Мурзин В.В., Таланцев А.С., Леонтьев Р.Л. Самородки золота на глубоких горизонтах Березовского месторождения (Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. №5. С.70-79.
7. Прибавкин С.В., Ерохин Ю.В., Середкин М.В., Кононкова Н.Н. Минералогия сульфидно-кварцевых жил Шарташского массива // Урал. летняя минерал. школа-96. Екатеринбург, 1996. С.46-55.

8. *Прибавкин С.В., Середкин М.В., Кононкова Н.Н.* Минералогия ранних кварцевых жил Шарташского массива, Средний Урал // Урал. летняя минерал. школа-97. Екатеринбург, 1997. С. 198-203.
9. *Сазонов В.Н.* Березиты и гумбеиты (сходство, различия и их причины) // Ежегодник-1996 Ин-та геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1997. С.180-182.
10. *Середкин М.В., Прибавкин С.В.* Метасоматиты Шарташского массива, Ср. Урал // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала / Тез. докл. VI Урал. петрогр. совещ. Ч.1. Екатеринбург, 1997. С. 215-219.
11. *Спиридонов Э.М., Бакшеев И.А., Кононкова Н.Н и др.* Гумбеиты Урала и их рудная минерализация // Уральская минерал. школа-96. Екатеринбург, 1996. С.67-75.
12. *Таланцев А.С.* Геотермобарометрия по доломит-кальцитовым парагенезисам. М.:Наука. 1981. 136 с.
13. *Goldsmith J.R., Graf D.L., Heard H.C.* Lattice constants of the calcium-magnesium carbonates // Amer. Miner. 1961. V.46. P. 453-457.