

**БЕРЕЗИТЫ, ЭЙСИТЫ И ГУМБЕЙТЫ  
БЕРЕЗОВСКОГО И ГУМБЕЙСКОГО РУДНЫХ РАЙОНОВ УРАЛА  
(малоизвестные факты и новые данные)**

**В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, Ю.А. Поленов**

Метасоматитам березит-лиственитовой, эйситовой и гумбеитовой формаций Урала посвящена значительная по объему и разнообразная по содержанию литература (см. практически полный перечень монографий, статей и тезисов докладов на совещаниях различных уровней в работах [Золотопродуктивные..., 1998; Месторождения..., 2001; Спиридонов и др., 1997 и др.]). В последних достаточно подробно освещены геологическая позиция объектов метасоматитов, РТХ-условия их формирования, зональность метасоматических ореолов (в горизонтальной и вертикальной плоскостях), химизм процессов на уровне петрогенных элементов, структурный и стратиграфический контроль формаций и их значение для развития учения об околорудных метасоматитах и практической рудной геологии. В настоящей работе излагаются новые данные, полученные по указанным метасоматитам в последнее время, а также малоизвестные материалы, имеющие принципиальное значение для выводов о пространственных и генетических взаимоотношениях гумбеитов и березитов.

Исследования проведены в пределах Шарташского и Изоплитского гранитных карьеров (Шарташский гранитный массив, Березовский золоторудный район, Средний Урал) и на Бурановском и Балканском шеелитовых месторождениях (Новобурановский сиенитовый массив, Гумбейский рудный район, Южный Урал), отработанных на вольфрамовое сырье – шеелит, и отчасти на золото [Месторождения..., 2001; Золоев и др., 2004; Спиридонов и др., 1997].

Геологическая позиция объектов исследования достаточно полно приведена в указанных выше работах. Согласно последним, оба массива являются коллизионными, имеющими золотую (Шарташский) и золото-молибден-вольфрамовую (Новобурановский) специализацию. Интересующихся деталями адресуем к вышеуказанным публикациям.

По геологическим наблюдениям [Язева, Бочкарев, 1998; Месторождения..., 2001 и др.] возраст гумбейских сиенитов более поздний по сравнению с коллизионными гранитоидами то-

налит-гранодиоритовой формации (пример – Шарташский массив), но более ранний по сравнению с коллизионными же S-гранитами (пример – Джабыкский массив). Эти данные подтверждены для рассматриваемой части Южного Урала абсолютным датированием. Так, джабыкские граниты сформировались в верхней перми ( $266 \pm 15$  млн лет, Rb-Sr-метод [Ронкин, 1989]), коллизионные гранодиориты Каиндинского массива (тоналит-гранодиоритовой формации) – на границе  $C_1$  и  $C_2$  ( $349 \pm 2$  млн лет, Rb-Sr-метод [Ронкин, 1989]), граносиениты Новобурановского массива – на границе карбона и перми ( $285 \pm 5$  млн лет, Rb-Sr-метод [Горожанин, 1998]).

Массивы сиенитов Гумбейского района приурочены к поперечному разлому. В.В. Бочкарев и Р.Г. Язева [2000, с.197] трактуют его как трансформный, возникший при неравномерном надвигании блоков континентальной коры с востока. В работе [Сазонов и др., 2005] на ряде уральских примеров показана возможность образования таких разломов в условиях поздней («косой») коллизии как структур отрыва, возникших при меридиональных сдвигах.

На диаграмме Rb-Sr (основа по К.С. Condie, [1979]) для магматитов различных геодинамических обстановок, представленной в работе [Бочкарев, Язева, 2000, с. 199], гумбейские сиениты попадают в поле окраинно-континентальных субщелочных пород, развившихся на коре с мощностью, превышающей 30 км.

Низкое отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70405$  [Горожанин, 19980] объясняется, видимо, основным составом литосферных плит, сгруженных под Уралом [Бочкарев, Язева, 2000, с. 203]. Величина указанного отношения вполне сопоставима с таковой для карбонатитов и сопряженных с ними магматитов (кроме пироксенитов), мантийный источник которых сейчас сомнений не вызывает [Карбонатиты, 1969, с. 319]. Химический состав гумбейских сиенитов приведен в табл. 1.

Шарташский массив в плане разрабатываемой темы охарактеризован в работах [Месторождения..., 2001; Сазонов, Викентьева, Огородников и др., 2006]. Он сформировался

Химический состав (мас. %) сиенитов, гранитов площадей исследований и метасоматитов по ним

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	56,92	58,43	61,19	58,89	61,64	64,93	56,09	55,16
TiO <sub>2</sub>	0,80	0,89	0,32	0,35	0,30	0,55	0,74	0,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,05	14,36	17,04	17,70	19,61	12,17	13,50	12,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,40	2,00	2,60	1,23	5,14	2,30	6,14	2,25
FeO	2,81	4,13	0,89	0,20	0,20	1,20	3,20	2,10
MnO	0,08	0,07	0,06	0,08	0,01	0,08	0,09	0,11
MgO	4,75	5,47	2,56	0,58	0,41	2,01	4,72	3,66
CaO	3,94	5,50	3,36	6,77	0,30	4,59	5,25	7,27
Na <sub>2</sub> O	4,81	4,40	5,64	7,50	7,90	3,80	4,30	3,10
K <sub>2</sub> O	6,09	3,42	4,62	2,51	4,04	4,61	4,17	5,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,69	0,47	0,12	0,11	0,21	0,31	0,61	0,49
П.п.п.	1,28	0,34	1,42	3,90	1,05	3,95	1,70	7,90
Сумма	99,62	99,48	99,82	99,82	100,81	100,50	100,51	100,78

Примечание. Анализы 1-3 по [Язева, Бочкарев, 1998], ан. 4-8 выполнены в ИГГ УрО РАН на СРМ- 18 (аналитики В.П. Власов и Н.П. Горбунова) и «мокрой химией» (Na<sub>2</sub>O, FeO, п.п.п., аналитик Г.М. Ятлук).

1-3, 6-8 –Новобурановский массив: 1, 2 – сиенит, 3 – кварцевый сиенит, 6 – гумбеит по сиениту, 7 – березит по по сиениту, 8 – кварц-карбонат-полевошпатовая жила в сиените; 4, 5 – Шарташский массив: 4 – гумбеит по граниту, 5 – эйсит по граниту.

при мощности коры более 30 км (определено по величинам содержаний Rb в гранитах на базе диаграммы [Condie, 1979]). На основе величины отношения <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Rb предполагается участие в формировании магмы, породившей граниты, не только корового, но и мантийного источника [Штейнберг, Ронкин, Куруленко и др., 1989].

Метасоматиты, связанные с гранитами, можно представить в следующем виде (перечисляются от ранних к поздним): гумбеиты – эйситы – березиты-листвениты (в том числе парагонитовые) – пиррофиллитсодержащие метасоматиты – существенно кварцевые метасоматиты [Сазонов, Огородников, Коротеев и др., 2006]. В данной статье нами рассматриваются только эйситы и гумбеиты; березиты были рассмотрены раньше [Сазонов, Викентьева, Огородников и др., 2006].

В Шарташском щебеночном карьере можно наблюдать [Месторождения..., 2001], что одна и та же кварцевая жила, рассекающая граниты и лампрофиры, в первых породах сопровождается гумбеитами (в жиле отмечается калишпат), а во вторых – березитами (калишпат не наблюдался). Близкая картина представлена на Балканском месторождении (Южный Урал [Коржинский, 1967; Сазонов, 1998]). Здесь зафиксирована смена гумбеитов березитами в пределах единой метасоматической колонки, развитой около жилы, одна часть кото-

рой расположена в гранитах (жила имеет кварц-ортоклазовый состав), а вторая часть – в породах кровли гранитного массива, имеющих средний-основной состав (эта часть жилы существенно кварцевая, калишпата практически нет). Наконец, на Бурановском месторождении (Южный Урал) нами прослежена кварцевая жила с минерализацией; одна ее часть залегает в граносиените, сопровождаясь типичными гумбеитами, а вторая часть – в эпидотизированных андезибазальтах, подвергшихся березитизации [Месторождения..., 2001, с. 300].

Согласно работе [Сазонов, 1998], перечисленные выше метасоматические формации располагаются зонально относительно центров интрузивного магматизма – массивов кислото-среднего состава: гумбеиты приурочены к самим массивам, с продвижением от них в породы кровли (и с глубоких горизонтов к поверхности) гумбеиты сменяются эйситами, а последние – кварц-серицитовыми метасоматитами.

Приведенные данные, с учетом результатов термобарогеохимического и экспериментального изучения колонок гумбеизации, эйситизации и березитизации пород различного состава показали [Сазонов, 1998, с. 126], что «движущей» силой возникновения указанной метасоматической зональности являются: повышение РТ-параметров и щелочности флюида по мере приближения к материнским массивам и

с заглублением в них; проявление эффекта дросселирования; «волновой» характер изменения К/Na отношения во флюиде во времени и пространстве, характер развития трещиноватости, контролирующей развитие метасоматоза (сверху вниз или наоборот).

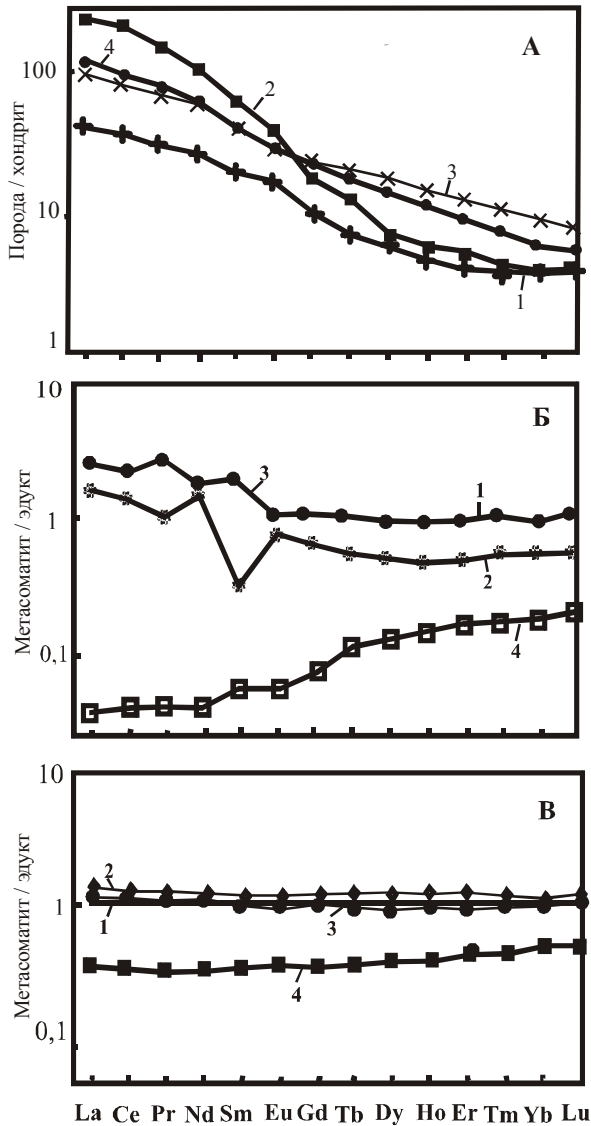


Рис. 1. Распределение РЗЭ в коллизионных гранитах, сиенитах (А) и продуктах их метасоматической трансформации (Б, В).

А – спайдер-диаграммы для шарташских гранитов (1), гумбейских сиенитов (2), кварцевых сиенитов (3, по [Бочкарев, Язева, 2000]), субщелочных гранитов (4, по [Бочкарев, Язева, 2000]); Б – спайдер-диаграммы РЗЭ для шарташских гранитов (1), эйситов (2), гумбеитов (3) и кварца (4) из кварцевой жилы, локализуемой в эйситах; В – спайдер-диаграммы РЗЭ для гумбейских сиенитов (1), березитов (2), гумбеитов (3) и анкерита (4) из существенно карбонатной (с кварцем)

Теперь рассмотрим особенности миграции вещества (69 малых элементов, включая РЗЭ, а также петрогенные элементы, см. табл. 1-3) в колонках березитизации, эйситизации и гумбеизации гранитов и сиенитов. Согласно рис. 1, содержания РЗЭ в сиенитах значительно выше, чем в гранитах. Эйситизация и гумбеизация шарташских гранитов происходят при сходном поведении РЗЭ (рис. 1, Б, графики 2, 3), особенно тяжелых и средних. И в том, и в другом случаях они выносятся, но при гумбеизации – более интенсивно. Легкие РЗЭ при этом накапливаются.

Противоположно поведение в этих процессах самария – при эйситизации он накапливается, а при гумбеизации – выносится. Кварцевые жилы, локализуемые в эйситах, отличаются низким содержанием РЗЭ. Березитизация и гумбеизация сиенитов (рис. 1, В, графики 2, 3) характеризуются незначительной миграцией вещества. Это подтверждает полученный нами раньше аналогичный вывод на примере колонки эйситизации плагиогранитов и гнейсовидных амфиболитов Уфалейского метаморфического комплекса [Сазонов и др., 2006]. Причем, что касается легких РЗЭ, то в обоих процессах происходит их накопление; средние РЗЭ при березитизации инертны или незначительно привносятся, исключая иттербий, для которого отмечается незначительный вынос. При рассматриваемых процессах вынос РЗЭ происходит более интенсивно из гранитов, чем из сиенитов, из чего мы делаем вывод о большем средстве «гумбеитизирующего» раствора с сиенитами.

Далее приводятся результаты изучения движения других химических элементов в рассматриваемых процессах. Поведение петрогенных компонентов оценено по данным, приведенным в табл. 1, а остальных – в табл. 4, данные для которой получены в результате сравнения материалов, представленных в табл. 2 и 3.

*Сравнение березитизации и гумбеитизации сиенитов* (Новобурановский массив, см. табл. 4). В результате сопоставления данных, приведенных в табл. 1 и рис. 1, установлено следующее:

1. Чем больше температура в системе, тем большее количество элементов становится подвижными (при прочих равных условиях, естественно).

2. В данном случае колонка березитизации относится к «рудному» типу, так как Au в

## РУДООБРАЗОВАНИЕ

ней привносится (характерно только для березитов, сопряженных с золотоносными кварцевыми жилами [Сазонов, 1984]).

3. Формально и гумбеиты можно отнести к «рудному» типу, так как в изученной колонке Au привносится. Это хорошо согласуется с данными о том, что в природе существуют калишпатовые, гумбеитовые и калишпат-серицитовые (порфиновые) месторождения золота [Дворник, 1986; Околорудные..., 1990; Сазонов, 1998 и др.].

4. Самородное золото в некоторых шеелит-кварцевых жилах отмечено как в них самих (отдельные золотины ассоциируют с шеелитом), так и в сопряженных гумбеитах Гумбейского месторождения [Месторождения..., 2001]. Золото (химический элемент) со-

провождается одинаковым набором элементов, среди которых, прежде всего, следует выделить As, Bi, Te, Ag и Pb. На глубоких горизонтах появляется W в гумбеитах, а As исчезает. В некоторых случаях с уменьшением глубины в кварцевых жилах, сопряженных с березитами, реже – с существенно серицитовыми метасоматитами, снова появляется W. Подобное было отмечено, например, на Светлинском месторождении. Hg при лиственитизации (особенно отчетливо это проявляется в зонах глубинных разломов, контролируемых серпентинизированными ультрабазитами) привносится. Гумбеизация же (более высокотемпературный процесс) приводит к выносу этого элемента.

5. Движение вещества в процессе гумбеитизации при прочих равных условиях опреде-

Таблица 2

Содержание (г/т) редких, редкоземельных, благородных и других металлов в шарташских гранитах (1), продуктах их эйситизации (2), гумбеитизации (3) и в кварцевой жиле (4), локализованной в эйситах

Элемент	1	2	3	4	Элемент	1	2	3	4
Li	19,19	11,62	5,42	1,58	Cs	1,76	1,72	0,06	0,11
Be	1,81	2,97	1,82	0,07	Ba	740,3	1246,1	403,1	87,69
B	2,30	11,73	5,95	1,21	La	10,54	16,30	27,66	0,43
P	447,20	955,91	463,96	35,41	Ce	24,28	31,04	57,02	0,94
Sc	3,65	3,56	2,21	0,27	Pr	3,30	3,41	6,29	0,13
Ti	1743,9	1697,0	2273,5	60,16	Nd	13,40	11,92	21,70	0,54
V	38,11	38,79	25,15	2,36	Sm	2,98	1,88	3,72	0,14
Cr	9,73	15,40	10,16	1,74	Eu	0,80	0,60	0,90	0,04
Mn	270,94	20,51	309,74	72,50	Gd	2,15	1,51	2,71	0,14
Co	4,28	1,02	2,06	0,41	Tb	0,27	0,16	0,29	0,03
Ni	10,10	3,85	12,13	1,67	Dy	1,49	0,79	1,45	0,18
Cu	12,45	9,16	5,72	4,19	Ho	0,28	0,15	0,27	0,04
Zn	43,42	11,37	11,81	4,78	Er	0,77	0,39	0,77	0,12
Ga	18,58	32,02	19,06	1,05	Tm	0,11	0,06	0,11	0,02
Ge	0,13	0,07	0,16	0,01	Yb	0,67	0,37	0,65	0,13
As	2,43	0,86	1,99	0,91	Lu	0,10	0,06	0,09	0,02
Se	0,03	0,05	0,06	0,12	Hf	2,77	3,45	3,05	0,13
Rb	78,35	136,46	63,38	10,59	Ta	0,30	0,18	0,51	0,01
Sr	587,96	350,15	458,26	10,50	Re	0,02	0,002	0,02	0,01
Y	8,15	4,24	7,95	1,20	Os	0,001	0	0	0,001
Zr	96,36	142,49	106,17	3,58	Ir	0,07	0,01	0,01	0,001
Nb	4,28	4,19	6,72	0,30	Pt	0,01	0,02	0,01	0
Mo	0,12	1,05	0,19	0,46	Au	0,003	0,01	0,004	0,01
Ru	0,002	0,003	0,004	0,001	Hg	0,01	0,33	0,18	0,01
Rh	0,02	0,02	0,01	0	Tl	0,47	0,75	0,32	0,08
Ag	0,29	0,32	0,29	0,04	Pb	28,94	13,54	9,55	1,78
Cd	0,35	0,67	0,57	0,23	Bi	0,11	0,09	0,14	0,05
In	0,02	0,02	0,01	0,004	Th	4,30	6,34	7,67	0,15
Tl	0,02	0,05	0,05	0,07					

Примечание. Здесь и в таблице 3: HR/IMS-анализ проведен Ю.А. Ронкиным на масс-спектрометре Element2, кислотное разложение проб выполнено в ИГГ УрО РАН (О.П. Лепихина и О.Ю. Попова).

Содержание (г/т) редких, редкоземельных, благородных и других элементов в гумбейских сиенитах (1), продуктах их березитизации (2), гумбеитизации (3) и в карбонате (4) из кварц-карбонатной жилы, локализованной в березитах

Элемент	1	2	3	4	Элемент	1	2	3	4
Li	28,62	169,26	21,65	2,57	Tl	0,17	3,19	65,51	5,47
Be	4,94	9,34	111,60	0,93	Cs	6,82	9,68	4,96	2,53
B	154,13	19,75	7,06	28,78	Ba	2176,06	2163,0	2182,65	1693,31
P	3135,50	3564,23	2377,41	1098,03	La	67,17	90627	79661	24620
Sc	13,17	12,31	7,50	6,86	Ce	131,27	164,22	152,62	47,57
Ti	7040,87	7156,33	3803,14	2340,17	Pr	14,79	17,79	16,58	4,92
V	161,03	214,55	91,62	73,55	Nd	55,08	65,08	59,74	17,63
Cr	324,26	304,00	226,32	115,19	Sm	9,85	10,86	10,33	3,22
Mn	844,42	1049,07	843,43	1743,23	Eu	2,60	2,71	2,39	0,98
Co	27,33	26,04	16,64	13,38	Gd	6,69	6,97	6,51	2,36
Ni	210,21	191,16	105,74	115,56	Tb	0,83	0,87	0,72	0,30
Cu	82,06	328,26	6304,27	43,29	Dy	4,20	4,35	3,28	1,65
Zn	97,05	74,36	319,46	34,35	Ho	0,76	0,77	0,57	0,30
Ga	26,71	29,80	18,73	11,50	Er	2,00	2,08	1,55	0,86
Ge	0,48	0,46	0,49	0,17	Tm	0,28	0,28	0,21	0,12
As	14,32	21,97	393,42	9,32	Yb	1,56	1,54	1,20	0,77
Sc	0,08	0,21	1,78	0,25	Lu	0,21	0,21	0,16	0,11
Rb	118,39	336,22	228,28	243,68	Hf	4,22	4,55	6,22	1,39
Sr	2042,75	1598,64	982,35	1019,68	Ta	1,00	1,15	0,72	0,39
Y	21,49	21,80	16,45	9,67	Re	0,005	0,01	0,03	0,01
Zr	152,76	170,95	293,20	43,04	Os	0,003	0,003	0,003	0,00
Nb	27,05	31,73	20,13	10,39	Tr	0,01	0,01	0,02	0,013
Mo	4,02	12,53	1253,76	3,94	Pt	0,02	0,02	0,03	0,006
Ru	0,01	0,01	0,01	0,004	Au	0,001	0,02	0,41	0,004
Rh	0,06	0,05	0,09	0,03	Hg	0,13	1,46	1,30	1,62
Ag	0,54	1,11	37,80	1,04	Tl	0,64	1,73	1,39	1,56
Cd	0,80	1,61	34,56	1,87	Pb	52,37	51,89	1340,43	20,71
In	0,04	0,04	0,52	0,04	Bi	0,54	1,21	99,29	0,83
					Th	25,18	28,14	23,18	8,37

ляется кремнекислотностью-основностью пород, в которых она развивается. В колонке по сиенитам (более основная система по сравнению с колонкой по гранитам) значительно больший набор элементов становится подвижным (сравним рис. 2 и 3).

*Сравнение эйситизации и гумбеитизации гранитов (Шарташский массив).* Сравнение проведено на основе данных, приведенных на рис. 1 и в табл. 2. Получены следующие результаты.

1. Натровый флюид (эйситизация) менее активен по сравнению с калиевым (гумбеизация), так как приводит в движение меньший набор элементов (см. рис. 2 и табл. 2). Очевидно, причина здесь двойственная: кроме активности K и Na во флюиде, важное значение имеет температура системы – «гумбеитизирующий» раствор по сравнению с «эйситизирующий» – более высокотемпературный.

2. Золото при эйситизации и гумбеитизации (щелочные процессы) гранитов выносятся. Известно, что при березитизации (кислотный процесс) оно также выносятся. В связи с этим можно полагать, что ответственной за поведение Au при первых двух процессах является температура. Подобно Au ведут себя в этих процессах As, Cu, Co, Zn, Pb. По иному (привносится при обоих процессах) ведет себя Mo. Ag – обычный элемент-спутник Au, при эйситизации выносятся, а при гумбеизации практически неподвижен, т. е. при T и pH параметрах рассматриваемых процессов геохимические свойства этих двух элементов становятся существенно различными. В низкотемпературных условиях Au и Ag ведут себя аналогично (накапливаются, известна золоторудная формация золоторудных месторождений). При высокой температуре (гумбеизация, эйситизация) в противоположность Au этот элемент (Hg)

Сравнение поведения малых элементов при гидротермально-метасоматической трансформации сиенитов и гранитов

Элементы		
Привнесенные (подвижные)	Вынесенные (подвижные)	Неподвижные (или близкие к ним)
<b>Сиениты</b>		
<i>Березитизация</i>		
Li, Be, P, Ti, V, Mn, Cu, Ga, As, Se, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Te, Cs, Hf, Ta, Re, Au, Hg, Tl, Bi, Th	Ba, Pt, Pb, B, Sc, Cr, Co, Ni, Zn, Ge, Sr, Rh	Ru, In, Os, Ir
<i>Гумбеизация</i>		
Be, Cu, Zn, As, Se, Rb, Hf, Re, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Zr, Mo, Rh, Ag, Cd, In, Te, Bi	Li, B, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Ge, Sr, Y, Nb, Ru, Tl, Cs, Ta, Os, Th	Ba
<i>Карбонатизация (прожилковая) гумбеитов</i>		
Mn, Ag, Se, Rb, Cd, Te, Re, Ir, Au, Hg, Tl, Bi	Li, Be, B, P, Sc, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Cs, Ba, Hf, Ta, Os, Pt, Pb, Th	In
<b>Граниты</b>		
<i>Эйситизация</i>		
Be, B, P, V, Cr, Ga, Se, Pb, Zr, Mo, Ru, Ag, Cd, In, Te, Rb, Cs, Ba, Hf, Hg, Tl, Ta, Th	Li, Sc, Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Sr, Y, Nb, Rh, Au, Pb, Bi	Ir, Re, Os, Pt
<i>Гумбеизация</i>		
Ti, V, Cr, Ni, Ge, Se, Zr, Nb, Mo, Ru, Cd, In, Te, Ta, Ir, Hg, Bi, Th	Li, B, Sc, Co, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Rh, Cs, Ba, Hf, Au, Tl, Pt, Pb	Be, P, Mn, Ga, Y, Ag, Re, Os
<i>Кварц из кварцевой жилы, сопряженной с эйситом</i>		
Li, Sc, Mo, Te	Be, B, P, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Co, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Sr, Y, Rb, Y, Zr, Nb, Ru, Rh, Ag, Ta, Cd, In, Cs, Ba, Re, Hf, Os, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th	

Примечание. Элементы с равным содержанием в эдукте и продукте (или отличающемся на 5 отн. %), относятся нами к неподвижным; при большем различии они считаются подвижными (привнесенными или вынесенными из эдукта).

привносится, причем значительно.

3. К элементам, наиболее подвижным при гумбеизации гранитов, относятся B, V, Ga, Sc, Mo, Ru, Cd, Te, Ba, Ta, Hg (привносятся), а также Li, B, Cs, Zn, In, Ba, Pb (выносятся). Существенно иной ряд таких элементов выстраивается для апогранитных эйситов – B, P, Sc, Rb, Mo, Cd, Te, Ba, Hg (привносятся), Li, Mn, Ni, Co, Zn, As, Rh, Ta, Re.

Изученные нами сиениты по сравнению с гранитоидами обогащены PЗЭ, а также Sr и Rb. Уровень концентрации PЗЭ в метасоматитах определяется таковым в эдуктах (рис. 1); это было отмечено нами ранее в [Сазонов, Викентьева, Огородников и др., 2006]. При гумбеитизации и березитизации сиенитов (рис. 1B), обусловленных щелочным раствором, поведение PЗЭ изменяется несущественно: в первом процессе они незначительно привносятся, а во

втором – выносятся. Различие обусловлено разницей в температуре и отчасти, видимо, в давлении при формировании метасоматитов. Подчеркнем, что Au ведет себя при березитизации таким же образом, как и PЗЭ, т. е. выносятся (это было подмечено раньше [Сазонов, Викентьева, Огородников и др., 2006], а при гумбеизации – привносится.

Эйситизация и гумбеизация гранитов (рис. 1B) обусловлены также щелочным флюидом, но в первом случае – с натриевой, а во втором – с калиевой специализацией. Из указанного рисунка отчетливо видно, что при эйситизации происходит более существенная трансформация графиков распределения PЗЭ, чем при гумбеизации. Причем в отношении легких PЗЭ отмечается общность: Sm при гумбеизации привносится, а при эйситизации – выносятся; поведение остальных PЗЭ при гумбе-

изации близко к неподвижному, а при эйситизации они выносятся. Величины содержаний и набор привносимых-выносимых малых элементов при гумбеизации определяются составом эдуктов (уровнем концентрации элементов в них) и присутствием или отсутствием в метасоматических колонках продуктов поздней, рудной стадии. Завершая рассмотрение движения вещества в рассмотренных процессах, следует отметить, что все они протекают с выносом  $\text{SiO}_2$ .

Гумбеиты фиксируются, главным образом, в массивах коллизионных гранитоидов и сиенитов, развитых на активной континентальной окраине. В этой позиции они – благоприятный поисковый признак на W, Mo и U оруденение. По мере удаления от указанных массивов (что равнозначно уменьшению глубины эрозийного среза) гумбеиты сначала сменяются из разностью с серицитом (перспективной на Au, W и Mo), затем – березитами (связь с ними золото-кварцевых месторождений подтверждена более чем 2,5 вековой историей поисков и освоения таких объектов).

*Исследования проводились при частичной финансовой поддержке грантов Минобрнауки РНП.2.1.1.1840 и НШ 4210.2006.5.*

#### Список литературы

- Бочкарев В. В., Язева Р.Г.* Субщелочной магматизм Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 256 с.
- Горожанин В.М.* Первичный состав Sr в магматических комплексах Урала // Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 98-108.
- Дворник Г.П.* Околорудные метасоматиты Рябиновского щелочного массива: Автореф. дисс... канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1986. 16 с.
- Золов К.К., Левин В.Я., Мормиль С.И., и др.* Минерагения и месторождения редких металлов, молибдена, вольфрама Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН – ОАО УГСЭ, 2004. 336 с.
- Карбонатиты.* М.: Мир. 487 с.
- Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, Ю.А. Поленов. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 622 с.
- Ронкин Ю.Л.* Изотопы стронция – индикаторы эволюции магматизма Урала // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1989. С. 67-69.
- Сазонов В.Н.* Золотопродуктивные формации подвижных поясов. Екатеринбург. Изд-во УГГГА, 1998. 181 с.
- Сазонов В.Н., Викентьева О.В., Огородников В.Н. и др.* РЗЭ в колонках пропитизации, альбитизации, эйситизации и березитизации-лиственитизации пород различной кремнекислотности: эволюция распределения, причины и практическое значение // Литосфера. 2006. № 3. С. 108-124.
- Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Григорьев В.В. и др.* О березитах и эйситах Уфалейского метаморфического комплекса / Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006.
- Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А. и др.* Проблема «молодого» эндогенного золота на Урале // Литосфера. 2005. № 1. С. 128-134.
- Спиридонов Э.М., Бакшеев И.А., Середкин М.В. и др.* Гумбеитовая формация Урала. М.: МГУ, 1997. 97 с.
- Штейнберг Д.С., Ронкин Ю.Л., Куруленко Р.С. и др.* Rb-Sr возраст пород Шарташского интрузива и дайкового комплекса // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР. 1989. С. 110-112.
- Язева Р.Г., Бочкарев В.В.* Геология и геодинамика Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 204 с.
- Condie K.C.* Archean magmatism and crustal thickness // Soc. Amer. Bull., 1979. V. 84. № 9. P. 2981-2992.