

ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИРИТА ТАМУНЬЕРСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ

Замятина Д.А.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

Месторождение Тамуньер расположено в 67 км к северу от г. Ивдель. Оно было открыто в 1963 г. Объект является недостаточно изученным, и в настоящий момент там ведутся геолого-разведочные работы. В геологическом отношении Тамуньерское месторождение локализуется в Турьинской структурной зоне, слагающей восточное крыло Тагильской мегазоны и ограниченной Серовско-Маукским глубинным разломом (по данным поисковых работ на рудное золото – фондовые материалы А.В. Сокольской и Л.И. Чекуновой 1970 г.). Площадь месторождения сложена измененными вулканогенно-осадочными породами, представленными достаточно однородными мощными телами кислых вулканитов и разнообразной по текстурно-структурным особенностям туфогенно-осадочной толщей. Вкрапленная золото-сульфидная минерализация приурочена к зонам расланцевания и дробления и сопровождается метасоматитами березит-лиственитовой и аргиллизитовой формаций. Листвениты-березиты имеют наибольшее распространение, тогда как аргиллизиты встречаются спорадически.

Березиты-листвениты зональны - во внешней зоне темноцветные минералы вмещающих пород частично замещаются хлоритом и карбонатом, а плагиоклаз - карбонатом и/или серицитом. В промежуточной зоне плагиоклаз практически исчезает, а биотит полностью замещается хлоритом. Во внутренней зоне происходит замещение хлорита серицитом и карбонатом. На месторождении выделяются безрудный и рудный тип колонки. Рудные тела контролируются положением тел кислых вулканитов, локализуясь преимущественно вдоль их контактов, реже в самих телах. Венчается колонка кварцевой или кварц-карбонатной жилой. Также метасоматиты рассеяны поздними кварцевыми, кварц-карбонатными и карбонат-сульфатными прожилками.

Пирит – основной минерал руд, который является сквозным минералом, несущим информацию об условиях формирования руд на различных стадиях. Пирит встречен нами в аргиллизитах, в продуктивной и в непродуктивной колонке лиственитов-березитов, а также в рудных и нерудных кварц-карбонатных и карбонатных прожилках. В работе проанализирован изотопный и микроэлементный состав пирита этих типов.

Изотопный состав серы. Изотопный анализ серы пирита выполнен в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН (аналитик Веливецкая Т.А.).

Пирит из лиственитов-березитов характеризуется вариацией значений $\delta^{34}\text{S}$ от -2,8 до +2,4‰, а для пирита аргиллизитов составляет -3,0‰, что свидетельствует о глубинном (ювенильном) происхождении серы. В одном из образцов пирита метасоматитов зафиксирована более облегченная сера (-7,2 ‰). Облегченная сера присуща также пириту из прожилков (-7,5 ‰ в баритовом прожилке и -4,4 ‰ в рудном кальцитовом прожилке). Изотопный состав серы барита утяжелен - $\delta^{34}\text{S} = 16,2\text{‰}$. Один анализ пирита безрудного кварц-карбонатного прожилка показал изотопный состав серы +12,0‰.

Облегченный изотопный состав серы пирита из прожилков связан, возможно, с вовлечением в гидротермальный процесс биогенной серы осадочных пород. Однако наиболее вероятно, что данное облегчение является следствием процесса кинетического вывода тяжелой серы из флюида при ее окислении до сульфатного состояния (фиксации ее в барите) и, соответственно, обогащение легкой серой остающегося раствора, из которого кристаллизуется пирит в прожилках.

Микроэлементный состав пирита. Микроэлементный состав пирита определен методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН на масс-спектрометре Elan-9000 (аналитики Киселева Д.В., Адамович Н.Н.).

**Содержание некоторых элементов-примесей пирита из метасоматитов и
прожилков Тамуньерского месторождения, г/т.**

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Li	0,92	0,88	0,90	0,73	0,77	1,19	0,54	3,07	2,14	0,45	0,46	0,53
Be	0,03	0,07	0,12	0,37	0,09	0,61	0,29	0,12	0,09	0,03	0,02	0,18
Sc	4,88	3,25	2,43	6,84	4,45	2,24	1,64	1,30	1,90	0,93	0,33	0,67
Ti	1655,01	1380,26	929,90	1890,52	1203,64	811,48	939,03	283,34	556,97	205,10	88,08	62,05
V	33,13	21,68	7,84	33,65	24,87	11,34	9,84	9,40	10,30	3,23	0,98	1,47
Cr	4,38	0,83	5,78	1,72	0,95	5,75	2,09	4,03	1,21	0,59	0,01	4,77
Mn	46,62	32,92	45,85	155,97	46,32	113,74	47,89	62,55	44,21	114,98	27,64	125,06
Co	363,77	307,18	219,26	323,71	148,72	317,77	168,55	6,27	187,46	44,17	8,37	0,26
Ni	37,52	51,78	39,97	31,33	28,13	52,28	20,22	31,99	61,47	10,73	7,17	5,87
Cu	724,26	321,87	145,54	215,93	70,05	223,20	325,23	326,14	95,34	92,84	413,82	2,79
Zn	22,89	12,84	15,40	48,33	32,89	33,89	463,32	145,80	84,43	1628,99	852,48	20,92
Ga	0,81	0,69	0,87	1,10	0,82	1,11	0,92	1,81	1,33	0,54	0,41	0,37
Ge	0,32	0,31	0,25	0,59	0,25	0,30	0,36	0,93	0,53	0,35	0,29	2,07
Rb	1,72	2,13	3,29	3,18	1,22	3,40	3,33	3,32	3,47	1,26	1,65	1,84
Sr	36,40	28,13	15,87	15,36	32,34	24,68	13,84	18,86	7,73	2,86	4,87	36,71
Y	4,77	4,20	4,40	5,67	2,74	3,63	2,89	2,02	2,60	1,61	1,19	1,71
Zr	14,91	15,93	27,16	21,58	14,20	14,95	12,43	27,54	12,31	5,67	4,29	4,50
Nb	0,29	0,28	0,46	0,52	0,31	0,28	0,24	0,26	0,30	0,14	0,07	0,07
Mo	0,17	0,04	0,05	0,16	0,10	0,06	0,10	0,31	0,13	0,61	0,02	0,47
Ag	1,49	2,12	1,41	2,46	1,78	0,99	2,95	20,73	4,47	7,79	14,84	0,05
Cd	0,10	0,07	0,08	0,09	0,16	0,23	1,24	1,18	1,50	9,74	24,83	0,02
Sn	0,79	н/о	33,90	0,34	н/о	64,97	0,17	11,59	0,13	0,13	н/о	0,15
Sb	1,59	1,63	0,80	5,67	0,73	3,33	10,24	49,13	5,02	3,11	1,64	0,66
Te	1,30	0,61	0,82	6,93	1,11	0,75	1,23	0,01	1,57	4,41	1,87	0,01
Cs	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,05	0,06	0,66	0,04	0,01	0,02	0,02
Ba	28,23	32,43	61,31	49,92	32,19	120,86	56,02	49,63	48,33	21,13	37,72	29,66
Hf	0,57	0,63	1,08	0,67	0,58	0,58	0,40	0,30	0,44	0,19	0,15	0,19
Ta	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01
W	0,49	0,93	1,65	0,56	1,05	2,02	3,45	3,19	27,97	1,11	0,10	0,08
Tl	0,10	0,09	0,07	0,11	0,23	0,06	0,41	9,76	0,69	0,11	0,12	0,02
Pb	151,23	157,80	65,60	170,52	165,82	72,87	363,55	1672,91	1013,57	894,69	4174,59	1,91
Bi	0,85	0,89	0,48	1,28	6,70	0,49	0,23	0,31	0,23	1,77	3,92	0,03
Th	0,22	0,25	0,62	0,30	0,33	0,27	0,18	0,25	0,25	0,10	0,10	0,10
U	0,10	0,10	0,25	0,15	0,12	0,12	0,09	0,14	0,09	0,05	0,05	0,04
Th/U	2,24	2,38	2,45	2,00	2,71	2,31	1,97	1,77	2,67	2,28	2,07	2,45
ΣLREE	5,33	8,13	7,88	12,10	7,49	8,17	4,31	7,30	5,63	2,68	2,80	2,50
ΣHREE	4,40	4,18	4,38	5,54	3,00	3,52	2,57	1,87	2,52	1,51	1,04	1,71
Eu/Eu*	0,32	0,27	0,21	0,28	0,28	0,22	0,21	0,22	0,29	0,14	0,19	0,28

Микроэлементный состав изученных пиритов имеет некоторые различия (табл. 1). В таблице приведены данные анализа по 12 пробам: 1 – пирит из непродуктивной колонки аргиллизитов; 2-6 – пирит из непродуктивной колонки лиственитов-березитов; 7-10 – пирит из продуктивной колонки лиственитов-березитов; 11 – пирит из рудного карбонатного прожилка; 12 – пирит из безрудного кварц-карбонатного прожилка. Контрастны концентрации Ti и, в меньшей степени, Sc, V и Y в выделенных типах. Так для пирита непродуктивных метасоматитов эти значения более высокие, чем в продуктивных. Для пирита прожилков наблюдаются самые низкие содержания Ti, Sc, V, Co, Ni, а также Y, Zr и Nb. Пирит продуктивных лиственитов-березитов, а также рудного карбонатного прожилка

имеет наиболее высокие содержания Zn, Ag, Cd и Pb. В некоторых образцах наблюдаются повышенные концентрации Sb, W и Tl. Величина торий-уранового отношения составляет 1,77 – 2,70, что указывает на невысокую подвижность урана в процессе метасоматоза.

На рисунке 1 показаны хондрит-нормализованные тренды распределения РЗЭ выделенных типов. Единственной кривой первой группы (слабо дифференцированной, субхондритовой) отвечает пирит из аргиллизированной породы (рис. 1А). Вторая и третья группа трендов распределения РЗЭ характеризуется небольшим обогащением легкими лантаноидами относительно тяжелых и отчетливо проявленной европиевой аномалией (для кривых второй группы $Eu/Eu^* = 0,21-0,28$; для третьей – $Eu/Eu^* = 0,14-0,29$). При этом суммарное содержание всех РЗЭ в пирите непродуктивной колонки лиственитов-березитов (рис. 1Б) более высокое, нежели в пирите продуктивной колонки (рис. 1В). Тренды распределения РЗЭ четвертой группы соответствуют пириту карбонатных прожилков (рис. 1Г). Так, для безрудного кварц-карбонатного прожилка характерна субхондритовая кривая, а пирит рудного карбонатного прожилка отвечает кривой, близкой к кривым третьей группы.

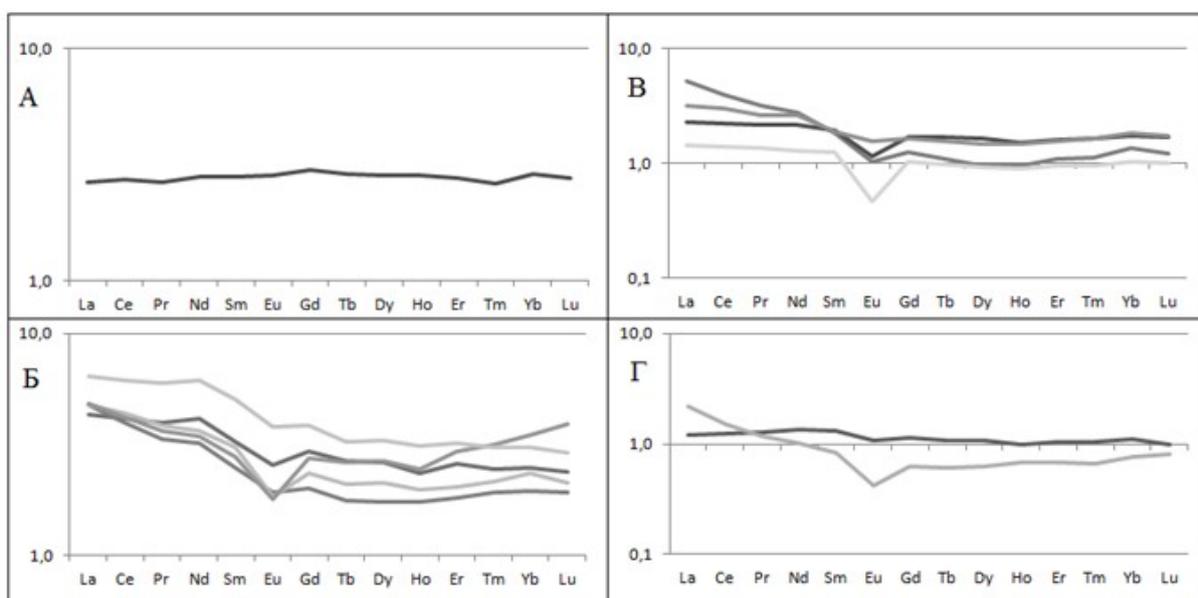


Рисунок 1 – Хондрит-нормализованные тренды распределения РЗЭ в пиритах Тамуньерского месторождения (А – пирит из непродуктивной колонки аргиллизитов; Б – пирит из непродуктивной колонки лиственитов-березитов; В – пирит из продуктивной колонки лиственитов-березитов; Г – пирит из карбонатных прожилков)

Таким образом, практически все пириты метасоматитов формировались за счет ювенильной серы. Сера пиритов прожилков имеет гетерогенную природу. Микроэлементный состав пирита непродуктивных метасоматитов отличается более высокими концентрациями элементов, связанными с вулканическими породами (Ti, V), тогда как пирит колонки продуктивных метасоматитов и рудного карбонатного прожилка имеет повышенные значения рудных элементов (Pb, Ag, Zn, Cd). Пирит безрудного кварц-карбонатного прожилка отличается наименьшим количеством примесей. Хондрит-нормализованные тренды РЗЭ указывают на вынос всех лантаноидов в пиритах продуктивной колонки березитизации-лиственитизации. Присутствие в завершающих рудный метасоматоз прожилках сульфатов, фиксирующих процесс окисления серы в растворе, свидетельствует об относительно небольшой глубине формирования руд.