

К ГЕОХИМИИ АКЦЕССОРНОГО ПИРИТА КОШРАБАДСКОГО МАССИВА ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Гусев А.И.

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукина,

г. Бийск, E-mail - anzerq@mail.ru

Конференция «Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении», посвященной 80-летию создания ИГиГ и 105-летию со дня рождения академика Х.М. Абдуллаева. – Ташкент, 2017. С. 229-232.

Одним из наиболее распространённых акцессорных минералов изверженных пород является пирит. Его геохимические показатели позволяют решать не только особенности геохимической специализации породных типов, но и проблемы связи различных типов оруденение и магматизма [1, 2]. Для выяснения физико-химических особенностей поведения золота в пирите главных породных типов, а, следовательно, и поведения золота и других элементов в расплавах, генерировавших разнообразные петрографические разности Кошрабадского массива и связанного с глубинным очагом золотого оруденения, проанализированы монофракции дисульфида железа на большой комплекс химических элементов (табл. 1).

Таблица 1

Содержания элементов в пиритах Кошрабадского массива (золото в мг/т., все остальные элементы – в г/т)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Be	3,3	2,6	1,5	1,45	5,75	1,32	1,9	1,8	2,8	1,21
V	12,2	7,6	8,9	11,1	9,7	12,0	188	8,7	9,2	8,5
Rb	2,3	2,1	2,0	2,4	2,2	2,0	2,2	2,3	2,5	2,1
Sr	3,0	2,9	2,6	5,8	3,6	17,4	19,6	6,5	3,8	5,9
Y	5,7	5,62	4,6	3,48	3,3	3,9	3,4	3,5	5,8	3,7
Zr	12,7	5,98	9,91	6,67	10	10	12	4,82	3,37	6,3
Nb	2,4	1,23	1,1	0,61	0,67	1,05	1,96	0,52	0,8	0,58
Mo	34,8	4,98	2,58	5,5	11,3	2,51	6,61	3,08	9,3	5,03
Ba	10,6	9,04	7,69	57,8	10,9	4,6	7,23	10,4	7,4	6,17
La	1,5	0,59	0,84	0,46	0,56	2,53	4,66	0,36	0,66	0,37
Ce	15,7	16,35	19,67	21,08	21,04	14,58	17,74	10,81	12,68	20,69
Pr	0,12	0,16	0,17	0,15	0,08	0,64	0,91	0,085	0,18	0,07
Nd	0,8	0,53	0,6	0,5	0,42	2,57	2,9	0,36	2,5	0,24
Sm	0,2	0,005	0,17	0,1	0,04	0,29	0,39	0,005	0,8	0,085
Eu	0,08	0,035	0,051	0,033	0,024	0,78	0,53	0,032	0,023	0,026
Gd	0,34	0,098	0,21	0,09	0,062	0,33	0,43	0,051	0,11	0,039
Tb	0,34	0,22	0,47	0,15	0,13	0,54	0,78	0,13	0,17	0,12
Dy	0,4	0,075	0,29	0,082	0,043	0,33	0,34	0,022	0,85	0,052
Ho	0,07	0,019	0,068	0,016	0,015	0,056	0,091	0,005	0,006	0,005
Er	0,33	0,044	0,21	0,04	0,057	0,16	0,22	0,001	0,08	0,026
Tm	0,06	0,0089	0,034	0,012	0,018	0,025	0,03	0,005	0,1	0,0066
Yb	0,3	0,01	0,15	0,029	0,082	0,14	0,23	0,01	0,24	0,014
Lu	0,04	0,01	0,025	0,0091	0,015	0,024	0,042	0,0057	0,096	0,0057
Hf	0,42	0,13	0,32	0,21	0,19	0,22	0,26	0,11	0,51	0,18
Ta	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
W	5,7	1,9	2,17	35,7	5,44	1,75	3,13	1,5	25,2	2,42
Th	0,7	0,4	0,35	0,18	0,26	0,22	0,25	0,1	0,28	0,13
U	0,22	0,12	0,19	0,1	0,3	0,68	0,49	0,1	0,15	0,1
Mn	156	123	50,9	23,7	123	345	654	215,6	28,2	87

Ni	5,7	4,5	3,38	13,2	23,7	56	51	2,06	9,2	3,6
Co	34,8	18,7	21,03	11,5	31,8	34	41	24,3	10,1	1,9
Cu	306	123	268,4	123	98	45,8	55,7	55	65	45
Pb	45	44	34,8	126	6,8	3,8	6,9	19,5	116	76
Zn	121	109	100,9	15,8	4,5	76,8	98,6	179,1	12,6	235
Ag	9,8	10,5	3,97	156	6,9	45,8	87,5	95,2	199	432
Bi	65,7	54,6	52,4	330	12,5	10,8	13,1	95,08	374	77,9
Sn	0,7	0,9	0,69	0,5	0,8	5,8	2,7	2,06	0,9	1,0
As	407	397	393	615,7	312,8	225,1	223,7	155,6	716,4	837,9
Ba	83,5	56	76,6	3,6	4,6	1,7	2,2	48,8	25	5,2
Cd	1,3	1,0	0,6	1,4	0,8	3,5	6,2	6,7	5,4	6,7
Ga	2,6	2,2	1,0	2,7	3,7	2,6	6,3	2,46	2,9	6,7
Ge	3,0	2,5	1,1	1,6	2,2	0,9	1,7	2,3	4,6	4,8
Zr	4,2	5,8	14,5	2,7	3,1	3,6	2,7	11,4	7,7	5,8
Sb	0,3	0,4	0,5	0,7	0,4	3,7	2,7	0,5	0,9	43,8
Au	18,2	43,5	40,5	181,4	28,5	30,4	22,1	42,4	225,8	295,7
Cr	4,6	3,4	4,1	2,2	5,8	2,2	2,0	0,7	2,1	3,4
Sc	7,8	9,6	2,21	1,6	9,8	0,5	0,6	1,32	1,4	3,6
Te	21	18	32,4	48,8	11,8	2,6	3,1	44,0	51,4	52,8
In	0,5	0,5	0,5	4,5	1,5	1,3	1,7	6,08	5,5	5,8
ΣREE	25,98	23,77	27,56	26,23	25,89	26,89	32,69	15,38	21,47	25,45
(La/Yb) _N	3,3	38,9	3,7	10,4	4,56	11,98	13,44	23,75	1,81	17,46
Eu/Eu*	0,94	2,4	0,84	1,07	1,5	7,8	3,99	3,38	0,14	1,2

Примечание. Eu* = (Sm_N*Gd_N)/2. Золото в мг/т. 1- Монцогаббро, 2- монцодиорит, 3- монцонит, 4- 5- кварцевые монцониты, 6-7 – оvoidные монцониты, 8 – граниты, 9-10- лейкограниты.

Колебания отношений (La/Yb)_N и Eu/Eu* свидетельствуют о разной степени дифференциации редкоземельных элементов в пирите и о значительном отличии указанных показателей от хондритовых значений. Анализ таблицы показывает, что содержания золота в пирите положительно коррелируется с As, Bi, Te. Считается, что высокие концентрации As в пирите способствуют инкорпорации Au в решётку дисульфида железа, замещая в ней Fe [5].

Установлено, что в акцессорном пирите всех разновидностей пород массива проявлен тетрадный эффект фракционирования REE M- типа, варьирующий от 2,1 (в монцогаббро) до 5,9 (в лейкогранитах) (табл.2). Для комплексной геохимической характеристики пирита оценены некоторые важнейшие отношения элементов, позволяющих выяснять некоторые физико-химические параметры среды кристаллизации пирита. В таблице приведены и значения анализируемых компонентов в хондритах.

Таблица 2

Отношения элементов, концентрации золота и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в пирите Кошрабадского массива

Отношен ия компонен тов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Хондр ит
Zr/Hf	48,9	38,3	43,2	40,0	52,0	38,7	39,4	40,2	39,1	39,0	36,0
La/Nb	2,0	1,6	1,59	2,1	1,0	2,4	1,72	1,47	2,91	1,8	17,2
La/Ta	25,3	26,2	19,2	28,6	14,8	32,2	26,9	20,0	34,4	21,3	16,8
Y/Ho	81,4	295,8	67,6	217,5	220	69,6	37,4	700	725	740	29,0
Sr/Eu	506	276	492	218	251	178	201	147	36	292	100,5

Eu/Eu*	0,94	2,4	0,84	1,07	1,5	7,8	3,99	3,38	0,14	1,2	1,0
Au мг/т	18,2	43,5	40,5	181,4	28,5	30,4	22,1	42,4	225,8	295,7	160
TE _{1,3}	2,1	3,6	3,5	4,1	3,2	2,5	2,2	3,7	5,3	5,9	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [6]. Eu* = (Sm_N*Gd_N)/2. Золото в мг/т. 1- Монцогаббро, 2- монцодиорит, 3- монцонит, 4- 5- кварцевые монцониты, 6-7 – овоидные монцониты, 8 – граниты, 9-10- лейкограниты.

На диаграмме соотношений Au – TE_{1,3} тренд изменения значений указывает на позитивную корреляцию содержаний золота в пирите и ТЭФ РЗЭ М- типа (рис. 1).

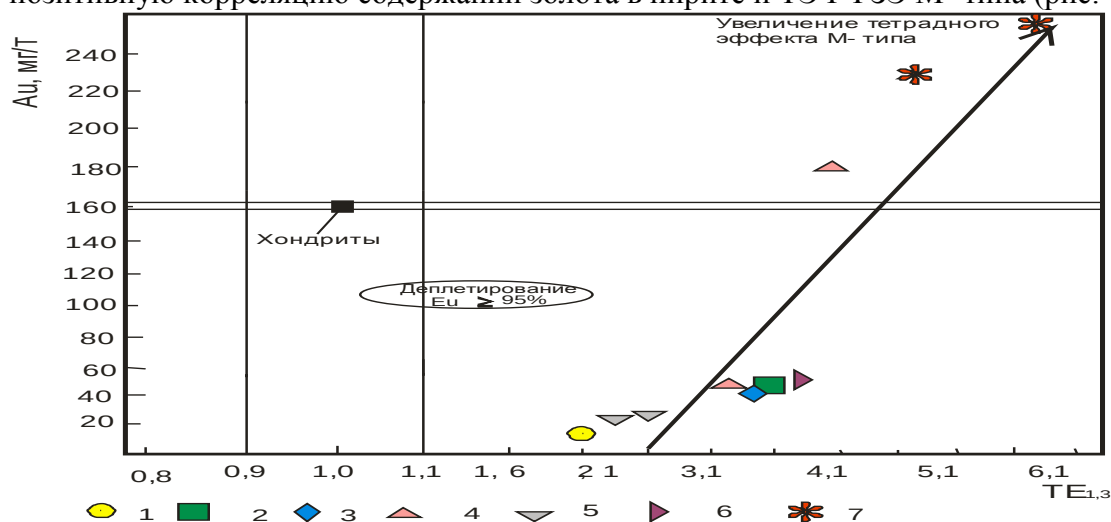


Рис. 1. Диаграмма соотношений Au – TE_{1,3} [2] для пирита породных типов Кошрабадского массива

Среднее содержание в хондритах по [7]. Породные типы: 1- монцогаббро, 2- монцодиорит, 3- монцонит, 4- кварцевый монцонит, 5- овоидный монцонит, 6- гранит, 7- лейкогранит.

Соотношение Eu/Eu* - TE_{1,3} для пирита Кошрабадского массива показывает увеличение ТЭФ РЗЭ М-типа с уменьшением значений отношений Eu/Eu* (рис. 2).

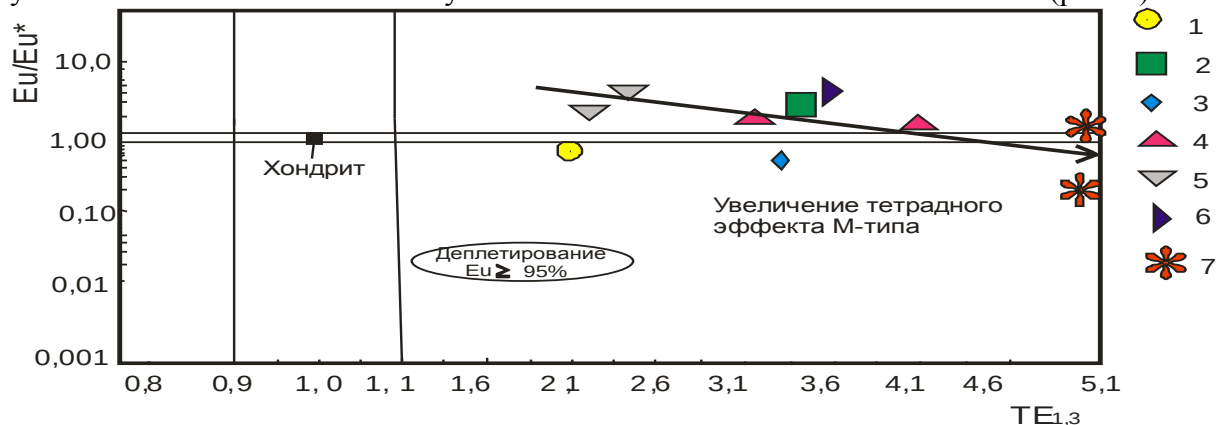


Рис. 2. Диаграмма Eu/Eu* - TE_{1,3} для пирита породных типов Кошрабадского массива
Условные обозначения на рис. 1.

Уменьшение величины Eu/Eu* при проявлении ТЭФ REE М- типа согласно рядам кислотности- щёлочности элементов [3] спектра элементов Sm, Gd, Eu в водно-сероводородных растворах при стандартных условиях. отвечает повышению щёлочности среды.

Чутким индикатором состояния и поведения химических элементов являются отношения Y/No и Zr/Hf в породах и минералах. На диаграмме этих соотношений для пиритов Кошрабадского массива отчётливо видно, что поведение указанных элементов не подчиняется заряд-радиус-контролируемому поведению химических элементов (рис. 3).

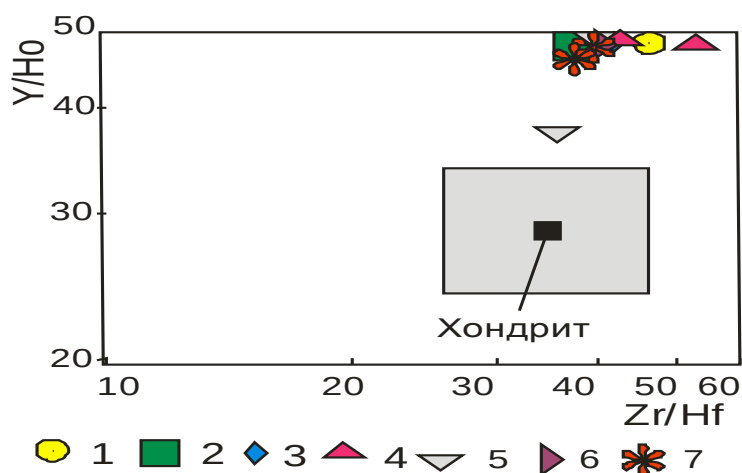


Рис. 3. Диаграмма Y/Ho – Zr/Hf для пиритов породных типов Кошрабадского массива. Серым фоном на рисунке показано поле HARAC (CHArge-and-Radius-Controlled) по [4].

Остальные условные на рис. 1.

Соотношение Y/Ho – Zr/Hf показывает, что все анализы демонстрируют поведение типа “Non-HARAC” (CHArge - and - Radius-Controlled) [4], когда элементы с одинаковым ионным радиусом и зарядом (пары Y–Ho и Zr–Hf) экстремально не когерентны и не остаются вблизи хондритовых отношений.

Таким образом, геохимия пирита Кошрабадского массива позволяет сделать следующие выводы:

1. Увеличение концентраций золота в пирите сопровождается тетрадным эффектом фракционирования РЗЭ М- типа.
2. Увеличение значений ТЭФ РЗЭ М- типа и увеличение концентраций золота в пирите происходило в ходе повышения щёлочности среды.
3. Поведение химических элементов в пирите не подчиняются заряд-радиус-контролируемому поведению и были экстремально не когерентны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Петрология и геохимия Кошрабадского интрузива золоторудного поля Зармитан (Западный Узбекистан) // Успехи современного естествознания, 2014. - №9. – С.78-89.
2. Гусев А.И., Табакаева Е.М. Геохимия акцессорного пирита лампрофиров Чойского скарнового золото-теллуридного месторождения Горного Алтая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016.- №.7. - Вып. 3. –С.435-439.
3. Маракушев А.А. Термодинамические факторы образования рудной зональности скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. - М. – Наука. – 1976. - С. 36-51.
4. Bau M. Controls on the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aqueous systems: evidence from Y/Ho, Zr/Hf, and lanthanide tetrad effect // Contrib. Miner. Petrol. 1996. - V.123.- P. 323-333.
5. Chen J.-H., Yu-Qiong Li Y-Q., Shui-Ping Zhong S.-P. DFT simulation of the occurrences and correlation of gold and arsenic in pyrite // American Mineralogist, 2013. – Vol. 98. – P.1765–1771.
6. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Comochim Acta. 1999. -V.63. - №3/4. - Pp. 489-508.
7. Wasson J.T., Kallemeyn G.W. Composition of chondrites // Phil. Trans. R. Soc. Lond, 1988. – V. 201. – P. 535-544.