

**ОТРАЖЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНОСТИ РУД В ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ
ПИРРОТИНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЛИМПИАДА**

Некрасова Н.А., Сакулина К. Ю., Гарьковенко С.Д.

**Научный руководитель профессор, д-р геол.-минерал. наук Сазонов А.М.
Сибирский федеральный университет**

В докладе характеризуется изменчивость состава пирротина – одного из главных минералов руд Олимпиадинского месторождения. Исследование химического состава минерала на ограниченном статистическом материале показывает, что уровень золотоносности руд отражается в химическом составе пирротина.

Пирротин кристаллизуется в гексагональной и моноклинной сингонии, в зависимости от Р-Т условий образования. Моноклинный пирротин обладает магнитностью. Химический состав минерала определяется железом и серой (Fe – 60-63,6; S – 40-36,4). Из примесей наиболее типичными являются Co, Ni, Cu, Mn, Zn, которые обычно присутствуют в незначительных количествах.

В зависимости от РТ-условий образования в системе Fe – S могут реализоваться ферро-, ферри-, антиферромагнитные и парамагнитные состояния. При изменении процентного содержания серы в системе кристаллизуются четыре фазы со структурой типа NiAs, из которых две ферромагнитные с упорядоченным распределением вакансий в решетке, а две – антиферромагнитные с разупорядоченным состоянием вакансий.

Предлагаемая классификация является экспериментальной и характеризует метастабильные состояния фаз (табл. 1).

Таблица 1. Структурная и химическая характеристика фаз в системе Fe - S

Фаза (сверхструктура)	Симметрия	Кристаллохимическая формула	S/Fe	Магнитная индукция I _s , Гс·см ³ /Г
β ₁ (1C)	Гексагональная	FeS - Fe _{0,971} S	1.000-1.03	-
β ₂ (2C, 2H)	Гексагональная	FeS	1.000	-
β ₃ (1C)	Гексагональная	Fe ₁₀ S ₁₁ — FeS	1.100-1.000	-
β ₄ (1C)	Гексагональная	Fe ₁₀ S ₁₁ — Fe ₇ S ₈	1.100-1.143	-
β ₅ (11C, 5C)	Орторомбическая	Fe ₁₀ S ₁₁ — Fe ₇ S ₈	1.100-1.143	0,5-16
β ₆ (4C, 4M)	Моноклинная	Fe ₇ S ₈	1.143	20
β ₇ (6M, 11C)	Орторомбическая	Fe ₁₀ S ₁₁	1.100	0,5
γ (пирит)	Кубическая	FeS ₂	2.000	-

β₁ – антиферромагнитная фаза, не содержит вакансий в кристаллической структуре, причем катионы находятся в несколько смещенных позициях;

β₂ – антиферромагнитная фаза, катионные вакансии расположены равновероятно в четных и нечетных базисных плоскостях, без смещения катионов в узлах;

β₃ -высокотемпературная парамагнитная фаза антиферромагнитных фаз β₁ и β₂;

β₄ - высокотемпературная парамагнитная фаза ферромагнитных фаз β₅ и β₆.

Ферромагнитные сульфиды железа разделены на три фазовые области: первая область — β_6 (фаза с моноклинной кристаллической структурой), вторая — β_7 (фаза с гексагональной структурой и частичным упорядочением вакансий в базисных плоскостях), третья — β_5 (фаза с орторомбической структурой и полным упорядочением вакансий в базисных плоскостях).

При дальнейшем увеличении серы в системе образуется ферромагнитная фаза β_7 , в которой, как показывают спектры ЯГР, степень упорядочения вакансий по подрешеткам зависит от состава. Намагниченность насыщения (I_s) этой фазы изменяется от $0,5 \text{ Гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ до $16 \text{ Гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$.

В интервале составов $\text{FeS} - \text{Fe}_7\text{S}_8$ может реализоваться при низкой температуре пять стабильных состояний для составов FeS , $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$, $\text{Fe}_{10}\text{S}_{11}$, Fe_9S_{10} , Fe_7S_8 , которые обозначаются как сверхструктуры $2H$, $6M$, $11C$, $5C$, $4M$ соответственно. Структура $4M$ – моноклинная; $2H$ – гексагональная; $6M$, $11C$, $5C$ – орторомбические.

В рудном поле месторождения Олимпиада минерал отлагался на всем протяжении многостадийного гидротермального процесса, из которых выделяются 3 генерации в безрудных ассоциациях и 3 – в составе рудных (арсенопиритовая, полисульфидная и антимонит-бертьеритовая), в которых золото часто отмечается в пирротине в виде включений, прожилков и сростаний с ним.

Пирротин обычно превышает в 1,5 – 3 раза концентрации других главных минералов руд – пирита, арсенопирита, бертьерит-антимонита и на порядки – второстепенные минералы (халькопирит, сфалерит, галенит, блеклую руду, ульманит, гудмундит, герсдорфит, кобальтин и др.). Пирротин образует микроскопическую сыпь метазерен и их агрегатов, а также жилки и линзы мощностью от миллиметров до сантиметров субогласных сланцеватости сланцевой матрицы руд. Под микроскопом у минерала отмечаются катакластические структуры, механические двойники, грануляция зерен, межзерновая и трещинная рекристаллизация.

Рентгеноспектральное определение главных и примесных минералообразующих элементов в зернах пирротина месторождение Олимпиада выявляет широкий диапазон их состава. Концентрации главных минералообразующих элементов в пирротине месторождения изменяются в пределах (%): Fe – 59,86-63,73; S – 36,12-40,01. Кроме главных элементов в минерале обнаружены Co, Ni, Cu, Zn, Sb и Pb. По отношению S/Fe в изучаемой выборке анализов выделено девять химических классов минерала: I – 0,99-1,01 (n=8); II – 1,01-1,03 (n=3); III 1,03-1,05 (n=0); IV – 1,05-1,07 (n=0); V – 1,07-1,09 (n=0); VI – 1,09-1,11 (n=2); VII – 1,11-1,13 (n=10); VIII – 1,13-1,15 (n=22); IX – 1,15-1,17 (n=3) (табл.2).

Таблица 2. Состав пирротина месторождения Олимпиада

Химические элементы	Состав пирротина по классам отношения S/Fe, масс. %								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Содержание Au в руде, г/т	1,2	0,73	-	-	-	0,3	3,41	2,61	0,27
Fe	63,34	63,33	-	-	-	60,95	60,78	60,35	60,12
Co	0,11	0,081	-	-	-	0,14	0,10	0,09	0,11
Ni	0,06	0,07	-	-	-	0,19	0,12	0,08	0,08
Cu	0,01	0,01	-	-	-	0,02	0,01	0,001	0
Zn	0,002	0	-	-	-	0,002	0,01	0,01	0,01
Sb	0,03	0,02	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,05
Pb	0,03	0,04	-	-	-	0,06	0,04	0,08	0,05
S	36,44	36,8	-	-	-	38,39	39,09	39,46	39,74

Преобладающее количество изученных зерен пирротина принадлежит I (β_1), VII (β_4) и VIII (β_6) классам, из которых минералы I и VII классов является гексагональным и не обладает магнитностью. Наиболее золотоносными участками рудных тел являются интервалы, в которых развиты пирротины VII и VIII классов. Следует отметить, что та же закономерность характерна для месторождений Благодатного, Ведугинского, Панимба, Герфед и Саралинского. Пирротины состава III, IV и V классов, возможно, отсутствуют в природе, в экспериментальных условиях они характеризуются метастабильными состояниями.

В заключение отметим, что состав пирротина (S/Fe) может использоваться в качестве типоморфного признака богатых и бедных золотоносных руд. Выявленную закономерность необходимо исследовать на большем статистическом аналитическом материале и в других золоторудных районах.