

ЭВОЛЮЦИЯ МОРФОЛОГИИ МЕТАКРИСТАЛЛОВ ПИРИТА В РУДНЫХ ЗАЛЕЖАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛДЫБУЛАК ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ

Чарский В.П.

Институт Геологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, taga_21@rambler.ru

Аннотация: В статье приводится искажение кристалломорфологическая зональность пирита в рудных залежах тем больше, чем более продолжителен будет период формирования месторождения.

Ключевые слова: кристалломорфологическая зональность пирита в рудных залежах, золото-сульфидно-кварцевая формация.

EVOLUTION OF PYRITE METACRYSTALS MORPHOLOGY IN ORE DEPOSITS OF THE “TALDYBULAK LEVOBEREZHZNY” FIELD”

Charsky V. P.

Institute of Geology of the NAS of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan

Abstract: The article presents a distortion of the crystallomorphological zoning of pyrite in ore deposits, the longer the period of formation of the Deposit.

Key words: crystallomorphological zoning of pyrite in ore deposits, gold-sulfide-quartz formation.

Надо отметить, что в изучении месторождения Талдыбулак Левобережный принимало участие большое количество геологов и ученых – Колосков В.Н., Дженчураева Р.Д., Долженко В.Н., Трифонов Б.А., Шнайдер Л.В., Пак Н.Т., Малюкова Н.Н., Богдецкий В.Н., Коледа А.Я., Коростелев В.А., [2; 4; 10] и многие другие.

Р.Д. Дженчураевой [2], было установлено, что рудоносные образования на месторождении Талдыбулак Левобережный, имеют сложное строение с преобладанием комбинации стволо- и силлообразных залежей. Стволообразные тела представлены крутопадающими дайками и мелкими штоками порфировых диоритов и монцитодиоритов, а также неоднородными по морфологии телами эруптивных и эксплозивных брекчий.

По геологическим, морфогенетическим и минералого-геохимическим особенностям месторождение Талдыбулак Левобережный относится к среднетемпературному гидротермальному, среднеглубинному типу золото-сульфидно-кварцевой формации, характерной для областей тектоно-магматической активизации. Все это позволило отнести месторождение Талдыбулак Левобережный к золото-сульфидно-кварц-турмалиновому, рудно-порфировому типу золоторудных объектов. Основной источник золота, связан с глубинными проявлениями девон-карбонового магматизма, но допускается, что часть золота была неоднократно мобилизована из геохимически-специализированных вмещающих толщ, в том числе древних пород фундамента.

Малюковой Н.Н. [8], Дженчураевой Р.Д. [2], Паком Н.Т. [4] и др. были выявленные различные соотношения форм кристаллов пирита, которые согласовались со статической схемой эволюции морфологии кристаллов пирита Сунагавы И. (Sunagava, [12]) и эволюционным морфологическим рядом пирита Евзиковой Н.З. [3].

Далее более детально рассмотрим эволюционно морфологический ряд пирита Евзиковой Н.З. и термодинамический ряд пирита Чарского В.П., как это два наиболее отличающиеся морфологических ряда пирита по последовательности изменения морфологии кристаллов пирита в рудных залежах.

Ранее имело место представление о том, что зная пространственную кристалломорфологическую зональность пирита в рудных залежах можно оценить ее эрозионный уровень. Но на месторождении Талдыбулак Левобережный (Кыргызстан) ни эмпирический эволюционно морфологический ряд пирита, предложенный Евзиковой Н.З. (рис.1), ни нами построенный термодинамический эволюционно-морфологический ряд пирита (рис. 3) в этом плане оказались не состоятельными. Отсутствие четкой кристалломорфологической зональности пирита в рудных залежах на месторождении Талдыбулак Левобережный, заключается в том, что при совмещении пространственных и временных эволюционных морфологических рядов пирита, происходит искажение, “затушевание” кристалло-

морфологической зональности кристаллов пирита. Искажение кристалломорфологическая зональность пирита в рудных залежах тем больше, чем более продолжителен будет период формирования месторождения.

Ниже для сравнения приводятся основные эволюционные морфологические ряды метакристаллов пирита, построенные на основе изучения месторождения Талдыбулак Левобережный (кроме эволюционного морфологического ряда пирита Евзиковой Н.З.) Дженчураевой Р.Д., Паком Н.Т., Малюковой Н.Н., и Чарским В.П.

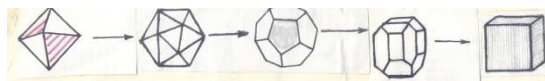


Рис. 1 Эмпирический эволюционно морфологический ряд пирита на золоторудных залежах, построенный Евзиковой Н.З. [3].

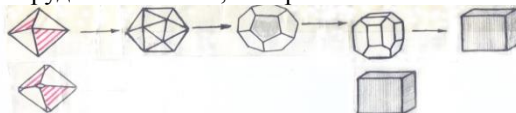


Рис. 2 Эволюционный морфологический ряд кристаллов пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный. Ряд построен Дженчураевой Р.Д. [2; 4]

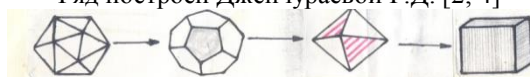


Рис. 3 Эволюционный термодинамический морфологический ряд кристаллов пирита, построенный Чарским В.П. Ряд построен на основе изменения поверхностного потенциала [9; 11].



Рис. 4 Эволюционный морфологический ряд кристаллов пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный. Ряд построен Малюковой Н.Н. [8]

Евзикова Н.З. обобщила последовательность изменения форм кристаллов пирита в рудных жилах, как по вертикали, так и по латерали на целом ряде золоторудных месторождений и получила *эмпирический эволюционно-морфологический ряд пирита* (рис. 1).

На основе экспериментальных данных нами также был построен *термодинамический эволюционно морфологический ряд пирита* – (ТЭМРП) (рис.3) [9; 10; 11], который отличался от ЭЭМРП Н.З. Евзиковой (рис.1).

Нами была проведена большая экспериментальная работа по изучению физико-химических свойств пирита в рудных залежах [9; 11]. Особое внимание придавалось изучению микротвердости кристаллов пирита [9]. Этому предшествовал вывод формулы, которая позволяла микротвердость кристаллов пирита (и других минералов) выражать через энергетические единицы (Дж/м²) [11].

Кроме того в термодинамику нами было введено такое понятие как “поверхностный потенциал”, [11] что помогло нам построить и обосновать ТЭМРП в рудных залежах на месторождении Талдыбулак Левобережный.

Ниже приводится формула для расчета поверхностного потенциала в энергетических единицах (1).

$$\sigma \approx 2,59 \cdot 10^3 \cdot P/d \quad (1)$$

По формуле (1) нам удалось определить соотношения поверхностных потенциалов и поверхностных энергий (таблица №1) в эволюционно морфологических рядах метакристаллов пирита при $V = \text{const.}$ и построить их ТЭМРП [9; 10; 11; 12].

Важным моментом при изучении эволюции морфологии кристаллов пирита в рудных залежах является правильный их отбор.

Кристаллы пирита надо отбирать, последовательно, согласуясь с зональностью метасоматической колонны в рудной залежи. Но, далеко не, всегда, бывает это возможным сделать и за фрагментарности метасоматической колонны в рудных залежах, из-за проявления тектонических подвижек во время рудообразования, из-за слабой изученности месторождения, проявление синергетичных процессов и других причин. У нас это проявилось в таблице №1 в качестве отсутствия корреляции между ТЭМРП, построенным

по закономерному изменению их поверхностной энергии и ТЭМРП построенным, по закономерному изменению поверхностных потенциалов кристаллов пирита (табл. №1).

Соотношение поверхностного потенциала и поверхностной энергии (при $v = \text{const}$) кристаллов пирита (месторождение Талды-Булак левобережный)

Таблица 1

Грань	σ (Дж/м ²) P=150 Г	d мкм P=150Г	σ (Дж/м ²) P=120Г	d мкм P=120Г	σ (Дж/м ²) P→0	σ^* (Дж/м ²)	C м ² при V≈0,0 68 м ³	L(Дж) при V≈0,0 68 м ³
100	24,20*10 ³	16,1	21,20*10 ³	14,7	12088	0,817	1	0,817
111	25,40*10 ³	15,33	23,60*10 ³	13,2	17624	1,189	0,952	1,132
210	25,90*10 ³	15,03	24,20*10 ³	12,9	18440	1,244	0,886	1,103

d – диагональ отпечатка алмазной пирамидки, σ - поверхностный потенциал, L - поверхностная энергия кристаллов пирита, C – площадь поверхности многогранников при V=0,068м³), - σ^ - “истинное” значение поверхностного потенциала.*

Из таблицы №1 следует, что можно построить два различных морфологических ряда – один (при V=const), - по возрастающей поверхностной энергии при V=const (3), а второй (2) – по возрастанию поверхностного потенциала у кристаллов пирита.

куб → октаэдр → пентагондодекаэдр → икосаэдр (2)

куб → пентагондодекаэдр → икосаэдр → октаэдр (3)

Появление двух ТЭМРП, обусловлено отсутствием корреляции между поверхностным потенциалом и поверхностной энергией кристаллов пирита (таблица №1). Это могло произойти из-за некачественного отбора кристаллов пирита и других причин.

Если изменение поверхностных потенциалов в эволюционно морфологическом ряду пиритов не коррелирует с их поверхностной энергией, то за основу построения термодинамического ряда принимают эволюционно морфологический ряд пирита (2), (приоритет должен оставаться за поверхностным потенциалом).

Также доказательством, в правильности построенного, ТЭМРП (2) является закономерное изменение соотношения объемов кристаллов пирита {100}, {111}, {210}, {210+111} при V=const, к их площади поверхности (табл. №2).

Эти соотношения закономерно возрастают в такой же последовательности, как идет возрастание поверхностных потенциалов у кристаллов пирита в ТЭМРП (2).

Закономерное изменение соотношения объемов кристаллов пирита при $v = \text{const}$ к их площади поверхности

Таблица 2

Соотношение V/S при V=const	V/S = 0,068/1	→	V/S = 0,068/0,952	→	V/S = 0,068/0,886	→	V/S = 0,068/0,85
	↓		↓		↓		↓
	0,068		0,071		0,076		0,08
	↓		↓		↓		↓
Форма кристаллов пирита	{100}	→	{111}	→	{210}	→	{210+111}
	↓		↓		↓		↓
Изменение поверхностных потенциалов (Дж/м ²) кристаллов пирита	0,817		1,189		1,244		?

Изменение формы кристаллов пирита в едином (рудно-метасоматическом процессе) РМП предопределяет изменение их свойств, т.е. всего спектра их физико-химических свойств. Как писал Логунов А. [7] - “Материя определяет геометрию, и, следовательно, геометрия есть функция вещества”.

Особыми минералами-индикаторами, которые в парагенезисе с пиритом предопределяют его габитус, являются карбонаты (табл. №3). Так метакристаллы пирита, находя-

щиеся в парагенезисе с доломитом имеют габитус {210}, с сидеритом – {111}, с кальцитом - {100}. При этом последовательность изменения у карбонатов стандартной энтропии и микротвердости совпадает с последовательностью изменения форм кристаллов пирита в их ТЭМРП.

**Закономерное изменение морфологии кристаллов пирита
в зависимости от парагенезиса с различными карбонатами**

Таблица 3

Карбонаты	Кальцит	→	Сидерит	→	Доломит
Стандартная энтропия Карбонатов	91		96		155
Микро-твердость кг/см ² карбонатов	230		367		570
	↓		↓		↓
Габитус кристаллов пирита	{100}	→	{111}	→	{210}
Поверхностный потенциал Дж/м ² кристаллов пирита	0,817		1,189		1,244

Из таблицы №3 мы имеем важное следствие – энтропия кристаллов пирита в ТЭМРП (при $V=\text{const}$) будет закономерно убывать в такой же последовательности, как будет убывать их поверхностный потенциал. Например, кристаллы пирита {210} габитуса (при $V=\text{const}$), формирующиеся при едином РМП, будут обладать большей энтропией, чем кристаллы пирита кубического габитуса.

Если процесс образования рудной залежи длительный, то на ранее сформированный пространственный ТЭМРП в рудной залежи, накладываются уже более поздние минеральные образования и с ними метакристаллы пирита, обладающие более низкой поверхностной энергией (при $V=\text{const}$), чем раннее образованных метакристаллов пирита. При этом общая картина кристалломорфологической зональности пиритов в рудной залежи изменяется формами кристаллов пирита, образованных более поздними процессами.

На месторождение Талдыбулак Левобережный, это проявляется наложением кварц-турмалиновых жил (несущих пирит кубического габитуса) на более ранние метасоматиты: – фельдшпатиты и березито-листвениты (в которых отмечается пирит преимущественно {210} и редко {210+111}, {111} габитусов).

Кристалломорфологическая зональность метакристаллов в рудных залежах формирующихся в единый РМП, является пространственно-временной.

Т.е. при формировании рудных залежей последовательность изменения морфологии метакристаллов пирита в пространстве будет такая же, как изменение морфологии кристаллов пирита во времени.

Хотя понятие пространственный морфологический ряд и временной морфологический ряд разделяются, но разделяются условно, так временной морфологический ряд пирита одновременно является и пространственным, а пространственный ряд одновременно является временным. Их различие заключается лишь в динамике геологического процесса (что сильнее проявится пространственная кристалломорфологическая зональность или временная кристалломорфологическая зональность).

Ранее предложенный Евзиковой Н.З. [3] ЭЭМРП оказался не применим для рудных залежей на месторождении Талдыбулак Левобережный. Последовательность изменения габитуса кристаллов пирита с глубиной и по латерали в рудных залежах не соответствовали той зональности пиритов, которая фактически наблюдалась в рудных залежах. Но совершенно неожиданным оказалось, то, что и экспериментально полученный нами ТЭМРП, также не соответствует последовательности изменения морфологии кристаллов

пирита в рудных залежах на месторождении Талдыбулак Левобережный.

Причина этого заключалась в том, что временная кристалломорфологическая зональность пирита может сильно видоизменить пространственную кристалломорфологическую зональность пирита. Эти изменения тем существеннее, чем более продолжительно время формирования месторождения. Например, на месторождении Талдыбулак Левобережный метасоматические образования – калишпатиты, березитолиствениты, сформировались на много раньше кварц-турмалиновых жил. Образованию кварц-турмалиновым жилам и метасоматическим турмалинитам предшествовало интенсивное внедрение даек долеритов по всему рудному полю.

На месторождении Талдыбулак Левобережный 99% составляют метакристаллы пирита. Метакристаллы пирита в основном формировались из поровых растворов по тонким микротрещинам в уже образованных минеральных ассоциациях. Это важно отметить, так как при росте метакристаллов пирита происходит метасоматическое замещение контактирующих с ним различных минералов.

Собственно, этим то и обусловлена морфология метакристаллов пирита и их равновесность с различными минеральными ассоциациями.

Использованная литература

1. Григорьев Д.П., Евзикова Н.З., Зидарова Б., Костов И., Кузнецов С.К., Малеев М., Минев Д.А., Попов В.А., Чесноков Б.В., Шафрановский И.И., Юшкин Н.П. “Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессах природного кристаллообразования //Открытия СССР, №35, ВНИПИ, 1983, С 17 – 20
2. Дженчураева Р.Д. Геодинамика, металлогения и рудогенез//Илим, Бишкек 2010,
3. Евзикова Н.З. Поисковая кристалломорфология// Недра, М., 1984, 142 с.
4. Пак Н.Т. Метасоматические ряды и эволюция форм пирита на золоторудных месторождениях Кыргызстана. Известия НАН КР, 2005, №4 с.91-97.
5. Пшеничкин А.Я., Рихванов Л.П. Морфологические и геохимические особенности пиритов магматогенного и метаморфогенного генезиса В кн.//Проблемы метасоматизма и рудообразования Забайкалье, Новав, 1985, с. 124-129
6. Попов В.А. Пути составления кристаллогенетического определителя. – В кн: Кристаллогенезис и процессы минералообразования. Л., Изд. ЛГИ, 1987, с. 10-22.
7. Логунов А. ж-л “Наука и жизнь”, №2, 1987
8. Малюкова Н.Н. Типоморфизм пирита как критерий эволюции золоторудных месторождений: на примере месторождения Талдыбулак Левобережный. //Геодинамика, металлогения полезных ископаемых и геоэкология. Бишкек 1999, с. 57-62.
9. Чарский В.П. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук "Метасоматиты и типоморфизм пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный", Бишкек, 1992. с.- 17.
10. Чарский В.П. Эволюция морфологии кристаллов пирита, поверхностный потенциал и синергетичность пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный. В сб-ке “Геодинамика, оруденение и геологические проблемы Тянь-Шаня”// Материалы Международной конференции, посвященной 70-летию Института Геологии НАН КР, Бишкек, 2013г., с. 248-252.
11. Чарский В.П. Поверхностный потенциал и эволюция морфологии кристаллов пирита в их термодинамических рядах на месторождении Талдыбулак Левобережный. // Труды конференции Института горного дела и горных технологий, посвященных 80летию академика НАН КР Асаналиева. 2014, с. - 184-187.
12. Sunagava J. Variation in crustal of pyrite // Report Geol. Curv. Cap. 1957, p.41.