

УДК 549.324.31(574.1)

К. Р. ПЛЕХОВА, Т. М. ЖАУТИКОВ, Л. Д. БАГЫБЕК

(Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева)

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ПИРИТА – КАК МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ ПОИСКОВЫЙ КРИТЕРИЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ПОРОД ЗАПАДНО-КАЛБИНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Аннотация

Проведено изучение кристалломорфологии пирита золото-мышьякового углеродисто-серицитолитового типа месторождений на примере месторождения Бакыршик, рудопроявлений Еспе, Костобе и участка Сардынголь. Показано, что морфологические особенности пирита при проведении поисково-разведочных работ позволяют рекомендовать его в качестве надежного поискового признака на золотоносность объектов. Установлено, что глобулярный диагенетический пирит и углеродистое вещество вмещающих пород обычно незолотоносны. Пирит кубический, образованный на основе глобулярного, слабозолотоносен, а пентагондодекаэдрический, образованный на стадии динамометаморфизма, является основным носителем дисперсного золота месторождений золото-сульфидно-углеродистых формаций.

Ключевые слова: пирит, поисковый критерий, золотоносность, кристалломорфология, черносланцевый тип месторождений.

Тірек сөздер: пирит, зерттеу критерийі, алтындану, кристалломорфология, кенорнының каратактатас түрі.

Keywords: pyrite, search criteria, gold contain, crystallography, black-shale type of deposits.

Наиболее ярким представителем золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд, связанных с углеродисто-терригенными минерализованными осадками каменноугольного возраста, является месторождение Бакыршик [9, 14-16, 19]. Оно расположено в центральной части Западно-Калбинского золоторудного пояса. Основной рудоконтролирующей структурой месторождения является Кызыловская зона смятия широтного простирания, пологопадающая (35-40°) на север. Рудные залежи имеют сложную ленто- и уплощенно-столбообразную форму при ширине по простиранию 120-250 м и по падению до 500-700 м и более. Рудовмещающая толща представлена переслаиванием известковистых полимиктовых песчаников и углеродистых алевролитов с линзующимися пропластками сидеритов и будинированными слоями антропоцитоподобных образований (антраксолит). Углеродистое вещество относится к керит-антраксолит-шунгит-графит-битумоидному ряду [16].

Изучение геологии и вещественного состава рудовмещающих толщ месторождения дает представление о его образовании в результате последовательного проявления трех процессов: седиментогенного (глобулярной формы сульфиды), метаморфогенного (пирит-арсенопиритовая ассоциация с тонкодисперсным золотом) и гидротермального.

Самым распространенным и информативным сульфидным минералом золоторудных месторождений является пирит. Правильно прочитанная информация, закодированная в минерале, дает возможность не только расшифровать условия кристаллизации пирита, установить его типоморфные свойства, но и расшифровать генезис месторождения в целом.

Выделяются три основных типоморфных признака пирита: кристалломорфологические особенности, термоэлектрические свойства, химический состав и элементы-примеси. Одним из наиболее информативных признаков является кристалломорфология пирита. Кристалломорфоло-

гические исследования пирита можно проводить в полевых условиях, что обеспечит оперативное и целенаправленное ведение поисковых работ.

Вопросами изучения типоморфных свойств минералов посвящены работы ученых Казахского института минерального сырья г. Алматы [9,10,18,19], Томского политехнического университета [5,11,12,13], Института Геологических наук г. Алматы [3,4,] и др. организаций [1,2,20,21]. Исследованию форм нахождения золота в сульфидных минералах и углеродистом веществе занимались сотрудники Института Геологических наук г. Алматы Матвиенко В. Н., Левин В. Л., Марченко Л. Г. [6,7,8].

Объектом исследования авторов данной статьи являются сульфидные минералы – пирит и арсенопирит, являющиеся концентраторами золота месторождений золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд, с углеродисто-терригенными минерализованными осадками. В пробах руды месторождения Бакыршик и рудопроявлений исследовалось три морфологические разновидности пирита, каждая из которых является носителем определенного комплекса рудообразующих элементов и, главное, золота: 1) осадочно-диагенетический глобулярный (незолотоносный); 2) кубический, преобразованный из глобулярного пирита в условиях повышения давления и температуры (золотоносный); 3) пентагондодекаэдрический, часто осложненный гексаэдрическими гранями (высокозолотоносный), ассоциирующий с арсенопиритом и образованный в условиях метазенеза и динамометаморфизма. Арсенопирит, ассоциирующий с пиритом, характеризуется разнообразием морфологических типов, а также наличием звездчатых двойников и тройников сростания.

Нами выполнены исследования по изучению содержания золота в сульфидных концентратах, в монофракциях пиритов различных морфологических разновидностей, арсенопиритов и углеродистого вещества. Исследования проб и минералов руды проводились оптико-минералогическими методами с привлечением методов химического, рентгенофазового, спектрального, электронно-зондового анализов. Определение золота проводилось методом атомно-абсорбционного анализа и экспресс-анализа, разработанного сотрудником группы золота Института геологических наук А.А. Солдатенко [17]. Сходимость определений золота этими методами вполне удовлетворительная, при этом производительность экспресс-анализ очень высокая, что имеет большое значение при проведении исследований в лабораторных и, особенно, в полевых условиях. Ценно еще то, что экспресс-метод позволяет определить соотношение свободного и связанного золота. По месторождению Бакыршик с помощью оптических методов и рентгенофазового анализа с акцентом на определение в них соотношения пирита и арсенопирита определен вещественный состав четырех проб руды углеродсодержащих алевролитов. Результаты анализов приведены в табл. 1 и на рис. 1. Определен фазовый состав золота в пробах руды методом химического анализа (табл. 2). Для выделения сульфидных концентратов и мономинеральных фракций пирита, арсенопирита и углеродистого вещества была подобрана рациональная схема обработки проб, которая включала в себя измельчение материала до крупности – 2,0 мм, отсев класса крупностью +1,0 мм, отмывка вручную черного шлиха из фракции –1,0 мм, магнитная сепарация с выделением фракций – магнитной, электромагнитной и немагнитной, разделение немагнитной фракции в тяжелой жидкости с уд. в. 2,89 г/см³. Из тяжелой фракции вручную выделялись сульфиды, а из легкой фракции – углеродистое вещество.

Выделены сульфидные концентраты, монофракции пирита и арсенопирита из шести проб руды оруденелых алевролитов и аргиллитов. В них определено содержание золота, мышьяка, железа и серы (табл.3). В одной пробе определено содержание золота в углеродистом веществе. Изучен состав четырех протоколов руды рудопроявления Костобе и трех – рудопроявления Еспе с выделением сульфидных концентратов и определением в них содержания золота. По участку Сардыньколь выполнено 82 анализа проб на содержание в них золота. Приведен анализ сульфидного концентрата месторождения Жумба.

Рентгенофазовый анализ проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-4 с $\text{Cu K}\alpha$ – излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм : $U=35\text{kV}$; $I=20\text{ mA}$; шкала :2000 имп; постоянная времени 2с; съемка 2θ - 2θ ; детектор 2 град/мин.

Таблица 1 – Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа кристаллических фаз минералов в пробах руды месторождения Бакыршик

№№ проб	Содержания минералов, масс. %			
	Арсенопирит	Пирит	Кварц	Мусковит
ЖБ13-9	55,7	26,0	13,0	25,4
ЖБ13-18	65,1	23,1	7,0	4,8
ЖБ13-33	56,9	24,3	13,3	5,5

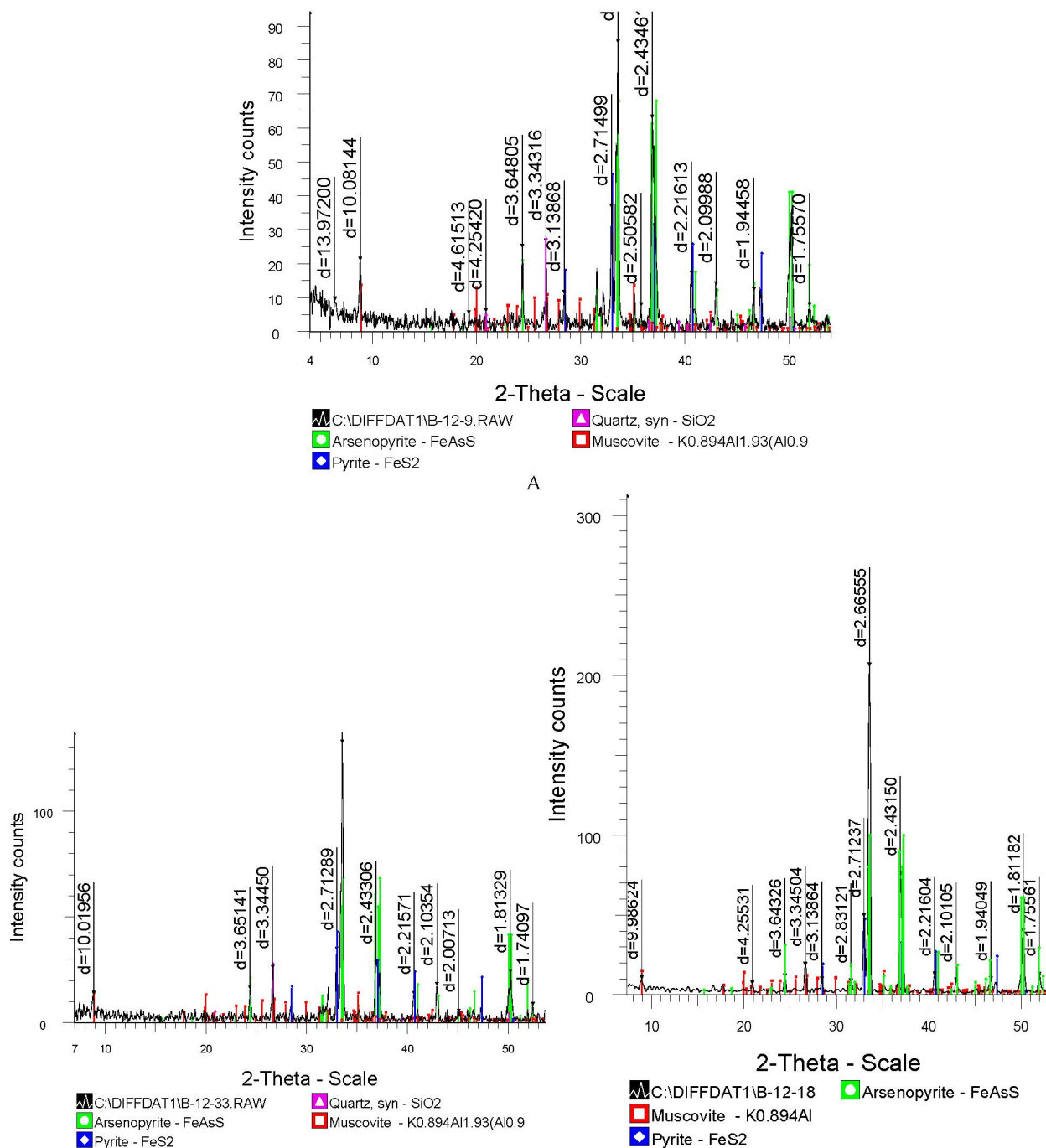


Рисунок 1 – Дифрактограммы проб: А– ЖБ13-9; Б – ЖБ13-18; В – ЖБ13-33

Формы нахождения золота, входящие в состав исследуемого вещества, определены с помощью фазового анализа. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Фазовый анализ золота в пробах месторождения Бакыршик

№№ проб	Общие сод-ние	I-сульфидная	II-видимое	III-в арсено- пирите, пирите	IV-в углерод. вещ-ве	V-в силикатах
Б13-9	45,6	9,4	<0,1	18,0	5,9	10,6
Б13-18	28,33	1,2	<0,1	6,6	4,0	15,0
Б13-33	22,1	<0,1	<0,1	4,4	5,6	9,9
Б13-36	15,96	0,7	<0,1	10,6	3,7	<0,1

Как следует из таблицы, основная масса золота связана с сульфидами (от 4,4 до 18,0 г/т), присутствует золото также в силикатах и углеродистом веществе. Видимое золото по данным анализа составляет менее 0,1 г/т. Выполнен фазовый анализ сульфидного концентрата месторождения Жумба, состоящего из пирита и арсенопирита. По результатам анализа золото представлено четырьмя минеральными фазами с содержанием золота (г/т): сульфидное золото – 189 (23%) тонкодисперсное самородное золото – 66 (8%), видимое самородное золото – 64 (7,8%), золото, связанное с кристаллической решеткой сульфидных минералов 500 (60%).

Таблица 3 – Содержание золота (г/т), мышьяка (%), Fe_2O_3 (%) и серы (%) в сульфидных концентратах и минералах проб

№ п/ п	№ проб	Название объекта исследования	Содержание Au(г/т), элементов, компонентов, %				Соотно- шение пирит:ар- сенопирит	Форма кристаллов пирита, арсенопирита
			Au	As	Fe_2O_3 (Fe)	S		
1	Б13- 9,18, 33,36	Мест-е Бакыршик. Сульфидный концентрат	233	0,7	не опр.	не опр.	1:2,4	
2	—/—	Пирит	52	Не опр.	—/—	—/—	—	Пентагондодекаэдри- ческая
3	—/—	Арсенопирит	319,2	—/—	—/—	—/—	—	Игольчатая, четко- призматическая пикообразная
4	Б-600	Сульфидный концентрат	247,5	15,0	57,92 (40,5)	37,74	1:2,2	Форма сульфидов аналогична вышеописанным
5	Б-600а	Углеродистое вещество	10,0	Не опр.	2,07 (1,4)	Не опр.	—	—
6	Б11-9	Сульфидный концентрат	5,9	—/—	Не опр.	—/—	2,3:1	
7	—/—	Пирит	5,4	—/—	—/—	—/—	—	Кубический
8	—/—	Арсенопирит	7,07	—/—	—/—	—/—	—	Игольчатый, призматический и пр.
9	КС13-1- 4	Рудопоявление Костобе. Сульфидный концентрат.	203	1,5	—/—	—/—	1:1,5	Пирит пентагон-деде- каэдрический
10	Е13-7-9	Рудопоявление Еспе. Сульфидный концентрат.	226	0,7	—/—	—/—	2:1	Пирит пентагон-деде- каэдрический
9	С1-75 (80 проб)	Участок Сар-дынголь. Оруденелые углеродсодержащие аргиллиты и песчаники.	0,00	—/—	—/—	—/—	100:0	Пирит глобулярный
10	С1-73	Прожилки пирита в аргиллите.	1,02	—/—	—/—	—/—	100	Пирит кубический
11	Ж 13- 600	Сульфидный концентрат	500,0	Не опр.	59,85 (41,85)	28,0	1:2,3	Пирит, кубический, пентагондодекаэдри- ческий

Как следует из таблицы, по данным химико-абсорбционного анализа содержание золота в сульфидных концентратах с пентагондодекаэдрическим пиритом проб Б13-9-33, Б-600 составило, соответственно, 233 и 247,5 г/т. Соотношение пирит: арсенопирит, равно 1:2,4–2,2, при этом пирит содержит золота 52,0 г/т, арсенопирит – 319,2 г/т. В рудопоявлениях Костобе (пр. КС13-1-4) и Еспе (пр. Е13-7-9) сульфидные концентраты, состоящие из пентагондодекаэдрического пирита и

арсенопирита содержат, соответственно, 203 и 226 г/т золота. Сульфидный концентрат пробы Б11-9 с кубическим пиритом содержит 5,9 г/т золота, содержание золота в пирите составляет 5,2 г/т, а в ассоциирующем с ним арсенопирите – 7,07 г/т. По участку Сардынголь, расположенному в пределах черносланцевой толщи и сложенному оруденелыми аргиллитами и песчаниками, из керна пробуренной скважины глубиной 72 м проанализировано на предмет золота 80 проб. Рудная минерализация представлена в пробах вкрапленностью глобулярного диагенетического пирита, глобулитами («оруденелыми бактериями»), не прошедшими стадии ката- и динамометаморфизма. По результатам анализа только в пяти единичных штучных образцах обнаружено золото с содержанием от 0,05 до 1,02 г/т. В образце из зоны окисления оно составило 0,57 г/т, а в прожилке пирита кубического габитуса 1,02 г/т (пр. С1-73). Усредненные пробы по метровым и полуметровым интервалам оказались незолотоносными. Судя по данным анализа присутствующее в породах участка углеродистое вещество также не несет следов золотой минерализации. Обращает на себя внимание, что арсенопирит полностью отсутствует. В пробе по месторождению Жумба (Ж13-600) содержание золота, связанного с сульфидными минералами составило 500 г/т от его общего содержания в концентрате.

Рассчитано распределение золота связанного с арсенопиритом и пиритом пентагондодекаэдрического габитуса (табл.4).

Таблица 4 – Распределение золота, связанного с минералами сульфидного концентрата пробы руды № Б13–9–36

№ п/п	Минерал	Содержание минералов, %	Содержание золота, г-т	Распределение
1	Пирит	30	52,0	6,58
2	Арсенопирит	70	319,2	93,42
1+2	Сульф.конц-т	100	236,9	100,0

По расчетным данным следует, что в сульфидном концентрате из оруденелого алевrolита 93,42% золота связано с арсенопиритом и 6,58% – с пиритом.

Пирит в пробах Б13–9–36 и Б–600 характеризуется кристаллическими образованиями пентагондодекаэдрической формы, осложненного гранями гексаэдрического облика (рис. 2). Размер кристаллов от тысячных до 1–2 мм в сечении. Метакристаллы пирита порой насыщены включениями углеродистого вещества и рутила. Зональные пириты имеют скелетообразные и футлярообразные формы кристаллов с видимыми зонами роста. Часто встречаются сростания двух-трех и более индивидов пирита. Иногда пирит сильно раздроблен, катаклазирован, обломки растащены и выполнены породной матрицей. Арсенопирит тонко-среднезернистый игольчатого, пикообразного или четко призматического облика (рис. 3). Встречаются звездчатые двойники и тройники (рис. 4). Иногда кристаллы арсенопирита катаклазированы, растащены и залечены нерудной массой вмещающей их породы (рис.5). В катаклазированных зернах арсенопирита отмечается зональное строение и включения нерудного материала. В ассоциациях пирит и арсенопирит создают гипидиоморфнозернистую, а на отдельных участках панидиоморфнозернистую структуры.

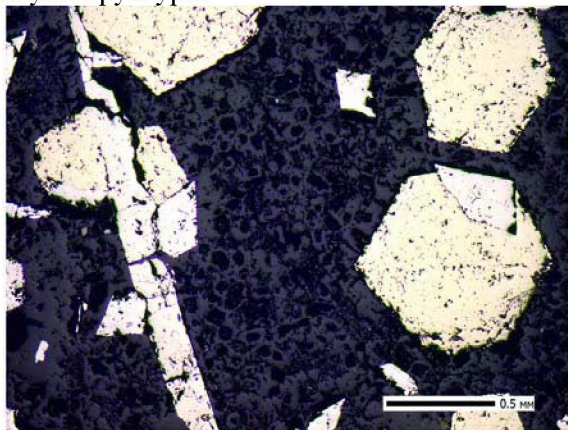


Рисунок 2 – Гексаэдрический пирит в сростании с арсенопиритом ромбоэдрической и длиннопризматической форм. Аншлиф, отраженный свет

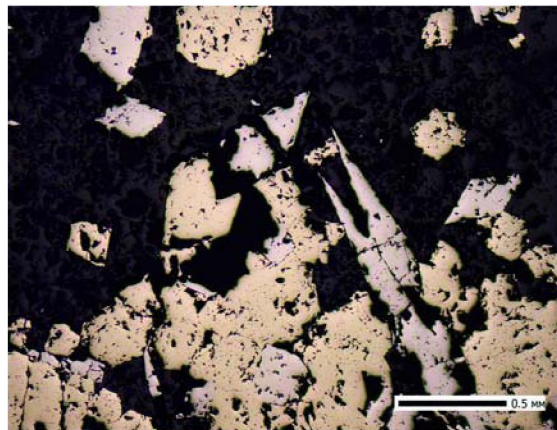


Рисунок 3 – Сростания пирита с копьевидным арсенопиритом. Аншлиф, отраженный свет

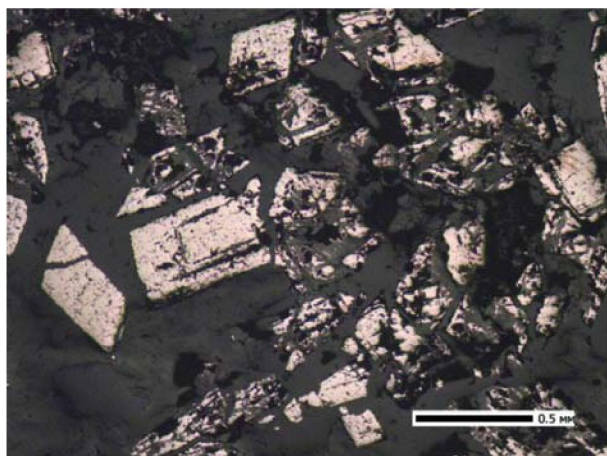


Рисунок 4 – Сложные двойниковые(звездчатые) сростки арсенопирита в аргиллите. Аншлиф, отраженный свет

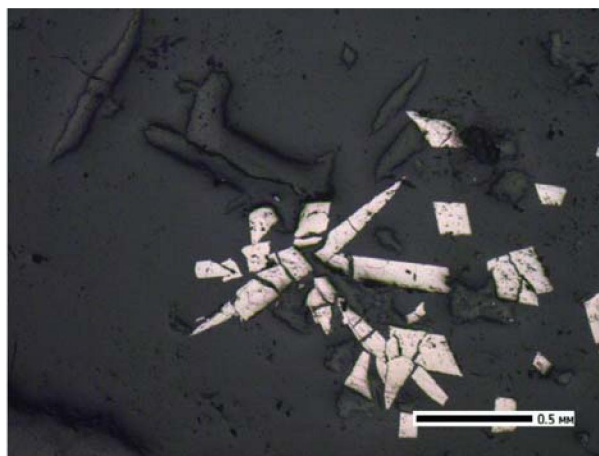


Рисунок 5 – Арсенопиритовая минерализация в аргиллите. Арсенопирит катаклазирован, Аншлиф, отраженный свет раздроблен

Пирит кубического габитуса отобран из будинированной конкреции рудного тела №1 месторождения Бакыршик. Расположена она среди измененного высокоуглеродистого алевропелита. Рудная конкреция имеет длину 21-23 см, толщину 2см. Внутренняя текстура конкреции – слоистая (рисунок 6). Рудные сульфидные слои, очень тонкие, имеют однородное строение и пятнисто-вкрапленную текстуру.



Рисунок 6 – Рудные сульфидные слои в конкреции. Макросъемка аншлифа

Основными рудными минералами конкреции являются пирит и арсенопирит. Находятся они в виде тонких и мелких зерен и сростков величиной от сотых долей миллиметра до 0,1-0,2мм. Преобладают зерна величиной 0,07-0,06мм. Пирит встречен в виде кубических кристаллов и зерен неправильной, возможно ксеноморфной формы с частичной прямолинейной огранкой. Собственно диагенетический пирит – глобулярный здесь отсутствует. Присутствующие в конкреции сульфиды образовались на поздних этапах литогенеза и динамометаморфизма.

Для выявления внутреннего строения и структур роста пиритов было проведено структурное травления его индивидов. Травление проводилось реагентом, состоящим из смеси азотной кислоты и фтористого кальция в течение 2-3 минут. В результате травления выявлено четкое ритмично зональное строение кристаллов пирита. Тонкие зонки роста параллельны гексаэдрическим граням кристалла или они имеют округлые очертания (рисунок 7, 8). Кубические кристаллы также характеризуются зональным строением с округлыми, тетраэдрическими или гексаэдрическими зонами роста, характерными обычно для пентагондодекаэдрического пирита (рисунок 9). По всей вероятности кубические кристаллы с подобными зонами роста являются «затравкой» для образования пентагондодекаэдрических кристаллов пирита, образованного на более высокой стадии метаморфизма и обогащенного золотом. В арсенопирите также отмечаются зоны роста тонкого ритмично-зонального строения, а в плоскости [001] отмечается зональность с зонами, различающимися по цветовым эффектам, где внутренняя зона светлая, а внешняя – темная (рисунок 10).

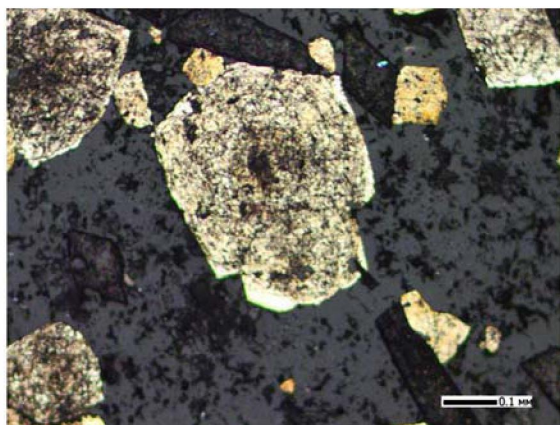


Рисунок 7 – Ритмично-зональный кристалл пирита с тонкими зонами роста. Протравлено концентрированной HNO_3 с CaF_2
Аншлиф, отраженный свет

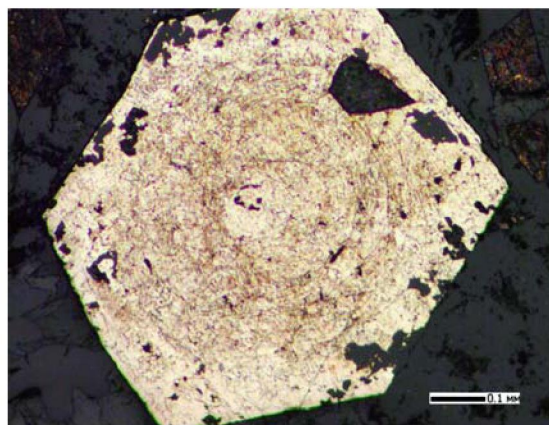


Рисунок 8 – Гексаэдрический метакристалл пирита зонального строения с тонкими округлыми зонами роста и захваченными при росте кристалла включениями разложившегося арсенопирита и нерудных минералов. Протравлено. Аншлиф, отраженный свет

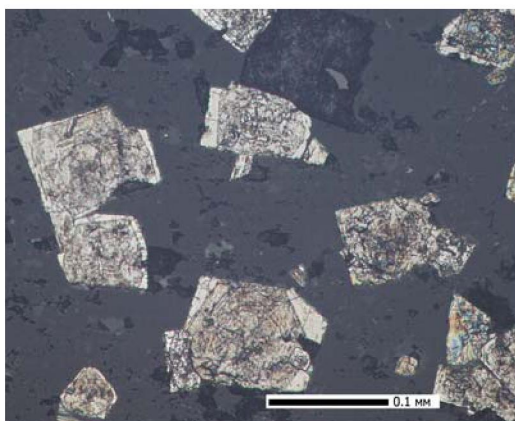


Рисунок 9 – Пирит кубической формы с зонами роста гексагональных очертаний из эллипсоидальной арсенопирит-пиритовой конкреции. Протравлено. Аншлиф, отраженный свет

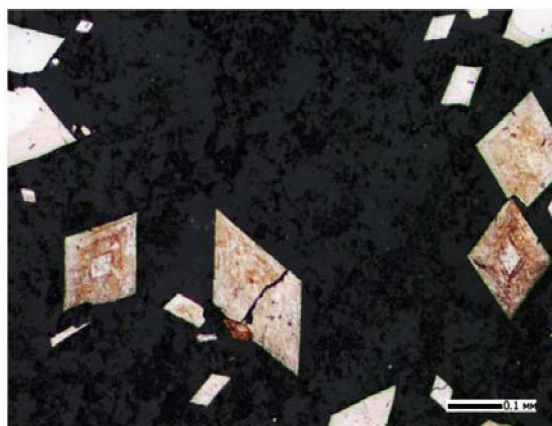


Рисунок 10 – Зональный арсенопирит с тонкими ритмичными зонами роста и двойниковым строением. Протравлено. Аншлиф, отраженный свет

Кристалломорфологические и аналитические исследования сульфидных концентратов, пирита и арсенопирита трех разновидностей – глобулярного, кубического и пентагондодекаэдрического по пяти объектам черносланцевой формации региона, а также данные предыдущих исследователей по изучению и использованию кристалломорфологии сульфидных минералов в качестве поискового критерия на золото, позволили сделать вывод о возможности на количественной основе рекомендовать использование морфологических особенностей пирита в качестве надежного поискового признака на золото. Ценность метода в том, что кристалломорфологические исследования пирита можно проводить непосредственно в полевых условиях, что обеспечит оперативное и целенаправленное проведение поисковых работ. Необходимо отметить большую практическую значимость применения экспресс-метода определения содержания и форм нахождения золота в породах, позволяющего наряду с определением кристалломорфологии пирита оперативно проводить разбраковку проб по содержанию в них золота и выделять перспективные площади для дальнейшего их изучения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Джафаров Г. Д. Кристалломорфология пирита и его минералогическое значение. Баку: Элм, 1970. –118 с.
- 2 Евзикова Н. З. Поисковая кристалломорфология. –М.: Недра, 1984. –143с.
- 3 Каймирасова А. Г. Типоморфные особенности золотоносных сульфидов одного из месторождений черносланцевой формации // В кн.: Типоморфизм минералов рудных месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1978, с.88-93.

- 4 Каймирасова А. Г. Об электронно-микроскопическом изучении золотосодержащих пиритов. Изв. АН КазССР, сер. геол., 1968, №3, с.83-86.
- 5 Лукьянова Е. В. Прогнозирование и поиски золотого оруденения в черносланцевых толщах Западной Калбы на основе изучения типоморфных особенностей пирита и арсенопирита. Автореферат диссерт. на звание канд. геол.-мин. наук. Томский политехнический университет. 2000.
- 6 Марченко Л. Г. Микро-наноминералогия золота и платиноидов в черных сланцах. -Алматы: Интерпресс-Казахстан, 2010. 146 с.
- 7 Матвиенко В. Н. Типоморфизм самородного золота, особенности углеродистого вещества и кремнезема как индикаторы процессов образования золоторудных месторождений // Геология Казахстана. 1994. №6. С.31-52.
- 8 Матвиенко В. Н., Калашников Ю. Д., Нарсеев В. А. ЗАО «Аналитические технологии МПГ-ПГО». Кластеры – протоформа нахождения драгметаллов в рудах и минерализованных породах // Руды и металлы. 2004. №5. С.28-36.
- 9 Нарсеев В.А., Старова М. М. О природе тонкодисперсного золота в пиритах и арсенопиритах золоторудных месторождений // Минералогия золота. Тезисы докл. Симпозиума «Минералогия и геохимия золота», часть I. Владивосток, 1974. Стр. 82-83
- 10 Нарсеев В. А., Гостев И. В., Захаров А. В. и др. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). М.: ЦНИГРИ, 2001. 174 с.
- 11 Пшеничкин А. Я., Коробейников А. Ф., Мацпошевский А. В. Особенности кристалломорфологии и термоэлектрических свойств пиритов золоторудных месторождений различных типов // Изв. Томск. политехн. ин-та. Томск.1976.–Т.264. С.82-84.
- 12 Пшеничкин А. Я. Пирит как поисковый минералогический критерий на золото //Генетическая информация в минералах: Тез. II Всесоюз. минерал. семинара. Сыктывкар, 1980. С.150-151.
- 13 Пшеничкин А. Я. Кристалломорфология пирита и ее использование в практике поисково-разведочных работ на золото // Геология и геофизика. № 11, 1989. С.65–74
- 14 Рафаилович М. С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009. С. 119–130.
- 15 Рафаилович М. С. Крупное золото-сульфидное месторождение Бакырчик в Казахстане: геологическое строение, прогнозно-поисковая модель // Геология и минеральные ресурсы. Алматы. №4. С. 31-38.
- 16 Рафаилович М. С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства. Алматы, 2011. С. 61-76.
- 17 Солдатенко А. А. Способ определения золота. Инновационный патент на изобретение №23577 от 05.11.2010.
- 18 Старова М. М. Временное методическое пособие по минералогическим методам поисков и оценки золоторудных месторождений. Алма-Ата: КазИМС, 1980. 80с.
- 19 Старова М. М. и др. Месторождение Бакырчик // В кн: Металлогения Казахстана. Алма-Ата, 1980. С. 52-61.
- 20 Типоморфизм минералов. Справочник. М., «Недра» 1989. С.355-362.
- 21 Типоморфизм кварца, пирита и золота золоторудных месторождений Узбекистана. Ташкент. Изд-во «ФАН» Узбекской ССР, 1981. С. 52-69.

LITERATURA

- 1 Dzhaforov G. D. Kristallomorfologiya piriti i ego mineralogicheskoe znachenie. Baku: Elm, 1970.–118 s.
- 2 Evzikova N. Z. Poiskovaya kristallomorfologiya.–М.: Nedra, 1984.–143s.
- 3 Kajmirasova A. G. Tipomorfnye osobennosti zolotonosnykh sulfidov odnogo iz mestorozhdenij chernoslanцевой формации // В кн.: Tipomorfizm mineralov rudnykh mestorozhdenij Kazaxstana. Alma-Ata , 1978, s.88-93.
- 4 Kajmirasova A. G. Ob elektronno-mikroskopicheskom izuchenii zolotonosnykh piritov. Izv. AN KazSSR, ser. geol., 1968, №3, s.83-86.
- 5 Lukyanova E. V. Prognozirovaniye i poiski zolotogo orudeneniya v chernoslanцевых tolshchax Zapadnoy Kalby na osnove izucheniya tipomorfnykh osobennostey piriti i arsenopirita. Avtoreferat dissert. na zvanie kand. geol.-min. nauk. Tomskij politexnicheskij universitet. 2000.
- 6 Marchenko L. G. Mikro-nanomineralogiya zolota i platinoidov v chernyx slancax. -Almaty: Interpress-Kazaxstan, 2010. 146 s.
- 7 Matvienko V. N. Tipomorfizm samorodnogo zolota, osobennosti uglerodistogo veshchestva i kremnezema kak indikatorы процессов obrazovaniya zolotorudnykh mestorozhdenij // Geologiya Kazaxstana. 1994. №6. S.31-52.
- 8 Matvienko V. N., Kalashnikov Yu. D., Narseev V. A. ЗАО «Analiticheskie tekhnologii MPG-PGO». Klasterы – protoforma naxozhdeniya dragmetallov v rudax i mineralizovannykh porodax // Rudy i metally. 2004. №5. S.28-36.
- 9 Narseev V. A., Starova M. M. O prirode tonkodispersnogo zolota v piritax i arsenopiritax zolotorudnykh mestorozhdenij // Mineralogiya zolota. Tезisy dokl. Simpoziuma «Mineralogiya i geoximiya zolota», chast I. Vladivostok, 1974. Str. 82-83
- 10 Narseev V. A., Gostev I. V., Zaxarov A. V. I dr. Bakyрchik (geologiya, geoximiya, orudenenie). M.: CNIGRI, 2001. 174 s.
- 11 Pshenichkin A. Ya, Korobejnikov A. F., Macyushevskij A. V. Osobennosti kristallomorfologii i termoelektricheskix svoystv piritov zolotorudnykh mestorozhdenij razlichnykh tipov // Izv. Tomsk. politexn. in-ta. Tomsk.1976.–Т.264. S.82-84.
- 12 Pshenichkin A. Ya. Pirit kak poiskovyj mineralogicheskij kriterij na zoloto //Geneticheskaya informaciya v mineralax: Tез. II Vsesoyuzn. mineral. seminar. Syktyvkar, 1980. S.150-151.
- 13 Pshenichkin A. Ya. Kristallomorfologiya piriti i ee ispolzovanie v praktike poiskovo-razvedochnyx rabot na zoloto // Geologiya i geofizika. № 11, 1989. S.65–74
- 14 Rafailovich M. S. Zoloto neдр Kazaxstana: geologiya, metallogeniya, prognozno-poiskovyе модели. Almaty, 2009. S. 119–130.

- 15 Rafailovich M. S. Krupnoe zoloto-sulfidnoe mestorozhdenie Bakyrchik v Kazaxstane: geologicheskoe stroenie, prognožno-poiskovaya model // *Geologiya i mineralnye resursy*. Almaty. №4. S. 31-38.
- 16 Rafailovich M. S. Krupnye mestorozhdeniya zolota v chernoslancevyykh tolshhax: usloviya formirovaniya, priznaki sxodstva. Almaty, 2011. S. 61-76.
- 17 Soldatenko A. A. Sposob opredeleniya zolota. Innovacionnyy patent na izobretenie №23577 ot 05.11.2010.
- 18 Starova M. M. Vremennoe metodicheskoe posobie po mineralogicheskim metodam poiskov i ocenki zolotorudnykh mestorozhdenij. Alma-Ata: KazIMS, 1980. 80s.
- 19 Starova M. M. i dr. Mestorozhdenie Bakyrchik // V kn: *Metallogeniya Kazaxstana*. Alma-Ata, 1980. S. 52-61.
- 20 Tipomorfizm mineralov. Spravochnik. M., «Nedra» 1989. S.355-362.
- 21 Tipomorfizm kvarca, pirita i zolota zolotorudnykh mestorozhdenij Uzbekistana. Tashkent. Izd-vo «FAN» Uzbekskoj SSR, 1981. S. 52-69.

Плехова К.Р., Бағыбек Л.Д.

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты)

ПИРИТТИҢ МОРФОГЕНТИКАЛЫҚ ӨРТҮРЛІЛІГІ - БАТЫС-ҚАЛБЫ МЕТАЛЛОГЕНДІК
АЙМАҚТЫҢ МИНЕРОЛОГИЯЛЫҚ БАРЛАУ БЕЛГІЛЕРІНІҢ АЛТЫНДЫ ЖЫНЫСЫ СЕКІЛДІ

Резюме

Сульфидті концентраттың кристалды морфологиялық және аналитикалық зерттеулері, пирит және арсенопириттің үш түрі – глобулярлы, шаршылық және пентагондодекаэдрлік төрт нысан бойынша аймақтың қаратақтатасты формациясы, сонымен қатар алдыңғы зерттеушілердің зерттеулері пириттің морфологиялық ерекшеліктерін пайдалану алтынды сенімді барлау белгісінің сапасы негізінде қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Әдістің бағалылығы – дала жағдайында тікелей пиритке кристалломорфологиялық зерттеу жүргізу мүмкіндігі, оперативті және белгілі бір бағытта барлау жұмысын жүргізуді қамтамасыз етеді.

Тірек сөздер: пирит, зерттеу критерийі, алтындану, кристалломорфология, кенорнының қаратақтатасты түрі.

K.R. Plekhova, L.D. Bagybek

(Institute of Geological Science of K.I. Satpaev)

THE MORPHOGENETIC DIVERSITY OF THE PYRITE AS A MINERALOGIC SEARCH CRITERIA
FOR GOLD-BEARING ROCKS OF THE WEST KALBINSKIY METALLOGENIC ZONE

Summary

Crystallomorphological and analytical studies of sulfide concentrates, pyrite, and arsenical pyrite of three varieties, namely, globulitine, isometric, and pentagonal dodecahedron, at four manifestations of black-shale formation of the region were carried out. Obtained results and also data of previous researches have made it possible to recommend the morphological features of pyrite as a reliable search characteristic for gold presence. The value of this method is in operative crystallomorphological study of pyrite during field surveys which is important for purposeful geological prospecting.

Keywords: pyrite, search criteria, gold contain, crystallomorphology, black-shale type of deposits.

Поступила 13.01.2014 г