

Н. И. ЕРЕМИН, В. Е. КЕЛЬХ

О ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПИРИТОВ ТИШИНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО
МИКРОАНАЛИЗАТОРА

(Представлено академиком В. И. Смирновым 13 VI 1969)

Тишинское колчеданно-полиметаллическое месторождение на Рудном Алтае характеризуется широким развитием пирита в составе различных типов руд и околорудно-измененных пород, а также среди углисто-глинистых сланцев, не содержащих заметных следов гидротермального воздействия. Х. А. Беспаяевым, И. В. Покровской, Д. И. Горжевским, И. З. Исакович и др. этот минерал главным образом по морфологическим признакам, геологической позиции и парагенезису подразделяется на несколько разновозрастных генераций.

Макроскопическое и микроскопическое изучение пирита Тишинского месторождения, проведенное авторами, с учетом данных указанных исследователей (1, 2), позволяет наметить в рудах четыре генерации этого минерала.

Пирит первой генерации (пирит I) образует пылевидную рассеянную вкрапленность в рудовмещающих породах. Размер зерен до 0,07—0,05 мм, форма — изометричная, часто несколько вытянутая. Зерна в породе равномерно рассеяны или образуют прожилковидные, линзовидные и гнездообразные сгущения размером до 1 см по удлинению. Очень часто в составе зерен микроскопически устанавливаются включения кварца и других нерудных минералов, широко развитых в окружающих породах. Образование этой генерации пирита связывается с предрудной стадией гидротермального метасоматоза.

Пирит второй генерации (пирит II) составляет основную массу серноколчеданных и медноколчеданных руд, а также в виде реликтов фиксируется в полиметаллических рудах. В первых он составляет от 30 до 90% общей массы с размерами зерен от 0,2 до 2 мм. Реликтовые обособления в полиметаллических рудах характеризуются приблизительно теми же размерами, изометричной формой и коррозионными границами замещения. Участками пирит II подроблен; трещины выполнены халькопиритом, а в полиметаллических рудах — халькопиритом и сфалеритом. Обычно по периферии зерен этого пирита наблюдаются эмульсионные включения халькопирита и сфалерита. Образование пирита II предполагается в течение серноколчеданной и медноколчеданной стадий рудного этапа.

Пирит третьей генерации (пирит III) установлен в полиметаллических рудах в виде мелких зерен размером до 0,5 мм овальной, неправильной и вытянутой форм. Эти зерна содержат большое количество мелких включений других сульфидов и обладают ровными некорродированными границами. В массивных рудах зерна пирита III рассеяны в преобладающей массе сфалерита, иногда образуя сгущения и сростки. В полосчатых рудах зерна ориентированы по удлинению и образуют «цепочки» в направлении полосчатости. Формирование пирита III относится к полиметаллической стадии рудообразования.

Крупнокристаллический пирит четвертой генерации (пирит IV) развит в отдельных участках зальбандов рудных тел в составе линзовидных

согласных образований мощностью до 1 м, сложенных, помимо пирита, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, кварцем и карбонатом. Зерна пирита имеют размер до 1 см, обладают изометричной угловатой формой с ровными границами, не содержат включений других минералов и заключены в массе галенита, сфалерита или халькопирита. Образование пирита этой генерации в настоящее время неясно.

Вне рудных тел и ореола гидротермально-метасоматических пород отмечается развитие еще одной разновидности пирита, представленной крупными (до 1 см) правильными кубическими кристаллами, образующими вкрапленность в углисто-глинистых сланцах на площади месторождения. По мнению Д. И. Горжевского и И. З. Исакович (устное сообщение), этот пирит имеет осадочное происхождение. Учитывая чрезвычайную сложность выделения в мономинеральные фракции различных генераций пирита, авторами была предпринята попытка спектрального определения элементов-примесей с использованием лазерного микроанализатора ЛМА-1. Применение этой методики позволило анализировать конкретные зерна пирита, наблюдаемые в оптический микроскоп, до и после проведения анализа. Анализ проводился на ровных поверхностях образцов, представлявших собой полированные шлифы, слабо пришлифованные плоскости распила штуфов или естественные грани крупных кубических кристаллов пирита.

Микроанализатор ЛМА-1 (Карл Цейсс) снабжен оптическим бинокулярным микроскопом, с помощью которого в отраженном свете наблюдались рабочие поверхности анализируемых проб при максимальном увеличении 500X. Это позволяло, во-первых, с большой точностью направлять луч лазера в нужную точку, во-вторых, контролировать отсутствие микровключений в анализируемой части зерна пирита, в-третьих, измерять параметры кратера (диаметр и глубину) после воздействия луча лазера на анализируемую поверхность. Форма кратеров во всех случаях представляла собой конус с округлым основанием. Диаметр кратера составлял 60—120 м, а глубина его 45—110 м. Разложение в спектр и его фиксация осуществлялись в спектрографе ПГС-2 с плоской дифракционной решеткой. Рабочий диапазон длин волн составлял 2300—4050 Å. Расшифровка спектральных линий осуществлялась путем сравнения спектров пирита и железа. По числу обнаруженных аналитических линий и их интенсивности на фотопластинке визуально регистрировались относительные количества каждого элемента в различных пробах по следующей шкале: «много», «есть», «следы», «не обнаружено».

Изучением спектров в целом установлено 14 химических элементов: Mg, Al, Si, Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb, Bi, Au. При рассмотрении относительных содержаний элементов-примесей в пиритах различных генераций выявляется следующее (табл. 1).

Петрогенные элементы Mg, Al и Si постоянно, но в разных количествах присутствуют во всех пробах. Некоторое увеличение этих элементов в пирите I объясняется тем, что анализу подверглись очень мелкие зерна пирита, по площади равные или несколько большие площади кратера. Очевидно, что в зону воздействия луча лазера попадало заметное количество силикатного материала. Некоторое уменьшение количества Mg, Al и Si в пирите IV также понятно, если учесть, что проанализированные зерна имеют весьма крупные размеры и характеризуются полным отсутствием даже мельчайших включений других минералов. Ti и Mn в отдельных пробах вообще не установлены, а в большей части проб они присутствуют в «следах». Достаточно заметно проявляется повышение концентраций титана в крупнокристаллическом пирите из углисто-глинистых сланцев и пирите I из гидротермально-метасоматических пород. Отсутствием Mn характеризуется пирит IV. Можно было бы предположить, что рассматриваемые элементы также связаны с захватом силикатных частиц в пробу. Однако этому предположению противоречит, во-первых, отсутствие четкой

корреляции между относительными содержаниями Ti, Mn, Mg, Al и Si, а, во-вторых, кристаллы пирита с большим количеством титана не содержат микроскопически заметных включений. Cu, Zn и Pb не обнаруживают каких-либо закономерностей в изменениях относительных содержаний для

Таблица 1

Относительные содержания элементов-примесей в пиритах различных генераций

Генерация пирита	Число анализов	Mg	Al	Si	Ti	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ag	Pb	Bi
Пирит из углисто-глинистых сланцев	9	+++	+++	+++	++/с	+с	++	++	++/с	+/н	+++	+/н	с
Пирит I	4	++	++	++	+++	+/н	с	+	++	+/с	с/н	+/с	+
Пирит II	5	++	+++	++/с	с	+/н	с	с/н	+/с	++/н	+/н	+++	с
Из вкрап. колчедан. руд	4	+++	+++	++/с	+/с	с/н	с	с/н	+++	++/с	+/н	+/н	с
Из сплошн. колчедан. руд	7	+++	++/с	++/с	+/н	+/н	с	+/н	++/с	++/с	+/н	+/н	с
Из полиметаллич. руд	12	+++	++/с	++/с	++/н	++/н	с	с/н	+++	++/с	++/н	++/н	с
Пирит III	6	+	+/с	+/с	++/н	н	+/с	+++	+	++/н	с/н	+++	с
Пирит IV													

Примечание. +++ — «много»; ++ — «есть»; с — «следы»; н — «не обнаружено»; +++ — колебания относительных содержаний от «много» до «есть».

различных генераций пирита. Обращает на себя внимание лишь медь, присутствующая во всех пробах и обнаруживающая весьма устойчивые постоянные содержания в пирите I и в пирите IV. Колебания в относительных содержаниях цинка, серебра и свинца весьма значительны, однако заметной корреляции между ними не наблюдается.

Висмут установлен главным образом в «следах». Ясно наблюдается некоторое повышение его количества в пирите I. К этой же генерации пирита относится единственный анализ со следами золота.

Наибольший интерес с точки зрения выделения генераций пирита представляют кобальт и никель. Совершенно отчетливо видны высокие содержания этих металлов в пирите из углисто-глинистых сланцев. В пирите I, при низком относительном содержании кобальта, содержание никеля заметно повышено. Пирит колчеданных и полиметаллических стадий рудного этапа отличается устойчиво низким относительным содержанием кобальта и в целом низким, но резко колеблющимся от «не обнаружено» до «много» в отдельных пробах относительным содержанием никеля. Наконец, намечается тенденция к незначительному повышению относительных количеств кобальта и никеля в крупнокристаллическом пирите четвертой генерации.

Таким образом, по относительным содержаниям отдельных элементов-примесей можно наметить некоторые особенности для отдельных генераций пирита Тишинского месторождения.

Пирит из углисто-глинистых сланцев характеризуется устойчиво высокими содержаниями кобальта и никеля, а также обнаруживает тенденцию к повышенной титаноносности.

Пирит I отличается низкими относительными содержаниями кобальта при повышенном количестве никеля и висмута; он также обнаруживает пока неясные по своей природе повышенную титаноносность и устойчиво высокое содержание меди. Вторая и третья генерации пирита друг от друга не отличаются, характеризуясь устойчиво низкими относительными содержаниями кобальта и в целом низкими, но варьирующими, относительными содержаниями никеля.

Пирит IV выделяется отсутствием марганца. Для этой генерации намечаются тенденции к повышению относительных количеств кобальта и ни-

келя по сравнению с пиритом колчеданных и полиметаллических стадий рудного этапа, а также весьма устойчивое заметное количество меди во всех пробах.

Установленные закономерности в разделении пирита по элементам-примесям могут оказаться полезными для более четкого выделения его генераций при выяснении общей схемы последовательности рудообразования Тигинского месторождения.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
9 VI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Х. Беспяев. Тр. Инст. геол. наук АН КазССР, 20, 167 (1967). ² Г. П. Боггов, Б. И. Вейц и др., Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая, 1, Элементы, сульфиды, сульфосоли, Алма-Ата, 1957.