

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 426 (2017), 65 – 70

Z. N. Pavlova, K. R. Plehova, V. L. Levin, P. E. Kotelnikov.

Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Satpayev University, Akmaty, Kazakstan.
E-mail:kiranovic.mail.ru.

ON THE LATE HYDROTHERMAL REARRANGEMENT OF ORE MATTER IN COPPER-NICEL ORES OF THE VARVARINSKOE DEPOSIT

Abstract. The information on the late hydrothermal rearrangement of ore matter, known in the pyrite ores of the Altai, Ural, Mugodzhzar and in the copper-porphyry deposits of Kazakhstan, is systematized.

Information on the disulphidization of pyrrhotite and pyritization of chalcopyrite is supplemented with new data established in the copper-nickel type of ores of the complex Varvarinskoye deposit in the Kostanai region. Here is also recorded the pyritization of gersdorffite. In all cases, the porous fine-grained, sometimes collomorphic aggregates of the newly formed pyrite appear on the site of primary sulphides. Diffusive from chalcopyrite copper is taken out, nickel from gersdorffite, and due to the remaining iron and sulfur, iron disulphides are formed (mainly pyrite, sometimes marcasite). All transformations occur without the addition of ore.

The newly formed pyrite is stable with respect to quartz and carbonates completing the ore process, and remains unchanged in them. This leads to a local, and sometimes to a significant change in the composition of the initial ores and their texture-structural features.

Key words: disulfidization of pyrrhotite, pyritization of chalcopyrite and gersdorffite, pyrite ores, copper-nickel ores.

УДК 553.43+553.481(574.4)

З. Н. Павлова, К. Р. Плехова, В. Л. Левин, П. Е. Котельников

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Университет Сатпаева, Алматы, Казахстан

О ПОЗДНЕГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУППИРОВКЕ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА В МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУДАХ ВАРВАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Систематизированы сведения о позднегидротермальной перегруппировке рудного вещества, известные в колчеданных рудах Алтая, Урала, Мугаджар и в медно-порфировых месторождениях Казахстана.

Сведения о дисульфидизации пирротина и пиритизации халькопирита дополнены новыми данными, установленными в медно-никелевом типе руд комплексного Варваринского месторождения в Костанайской области. Здесь же зафиксирована еще и пиритизация герсдорфита. Во всех случаях на месте первичных сульфидов возникают пористые тонкозернистые, иногда колломорфные, агрегаты новообразованного пирита.

Диффузионным путем из халькопирита выносятся медь, из герсдорфита никель, а за счет оставшихся железа и серы образуются дисульфиды железа (в основном пирит, иногда марказит). Все преобразования происходят без привноса рудного вещества.

Новообразованный пирит устойчив по отношению к кварцу и карбонатам, завершающими рудный процесс и сохраняется в них без изменений. Это приводит к локальному, а иногда и существенному изменению состава первоначальных руд и их текстурно-структурных особенностей.

Ключевые слова: дисульфидизация пирротина, пиритизация халькопирита и герсдорфит, колчеданные руды, медно-никелевые руды.

Явления гипогенного преобразования пирротина в пирит, известные под названием «дисульфидизация», описаны в колчеданных месторождениях Рудного Алтая, Мугаджар и других районов [1-6].

На заключительных стадиях гидротермального процесса в связи с повышением окислительного потенциала и активизацией угле- и кремнекислот пирротин становится неустойчивым и нередко превращается в тонкозернистые пористые агрегаты пирита. Появление пор обусловлено, по Н. В. Белову [7], выигрышем объема в связи с выносом части железа из решетки пирротина и укорочением расстояния между катионом и анионом (с 2,45 Å в пирротине до 2,26 Å в пирите).

Пиритизация халькопирита установлена нами на Джиландинском месторождении колчеданных руд в Мугоджарах [8]. Руды Джиланды характеризуются чрезвычайной тонкозернистостью и повсеместной заплыленностью халькопирита ультрамикроскопическим пиритом. Как показало детальное микроскопическое изучение, тонкозернистость руд является следствием широко прошедшей регрессивной перекристаллизации – формирования мельчайших новообразований пирита по халькопириту под воздействием позднегидротермальных кремнекислых растворов [8].

Новообразования пирита возникают в халькопирите, как правило, непосредственно по границе с замещающим его кварцем или вблизи нее. Они образуют в халькопирите краевые каемки, микропетли, облачные скопления. Установлены даже кварц-пиритовые псевдоморфозы по кристаллам халькопирита [9].

Халькопирит при воздействии на него кремнекислых растворов, активизирующихся в конце гидротермального этапа, становится неустойчивым. В таких условиях, согласно данным Аммо-Хокрам и др. [10], экспериментально изучавших поведение халькопирита в кислом растворе при 25–75 °С (при нормальном давлении) из халькопирита, еще до его растворения, начинается вынос меди диффузионным путем, что создает предпосылки для метасоматического роста в нем новообразований дисульфида железа за счет оставшихся железа и серы. В результате халькопирит замещается кварц-пиритовым агрегатом, в котором материалом для новообразований пирита служат железо и сера халькопирита.

Аналогичные явления позднегидротермальной дисульфидизации пирротина, пиритизации халькопирита, а также еще и сфалерита установлены на медно-порфировых месторождениях Казахстана. Особенно интенсивно они проявлены на Бошекуле и Актогае [11]. Здесь, дисульфидизация связана с карбонатизацией и цеолитизацией (при подчиненном количестве кварца) пород и руд на завершающем этапе рудообразования. В результате возникла позднегидротермальная кварц-карбонатно-марказит-пиритовая минеральная ассоциация. Проявлена она на различных глубинах (до 600 м). Пиритизации подверглись как самостоятельные выделения халькопирита, так и микровключения его в раннем пирите-I. Новообразования пирита в сфалерите развиваются как по эмульсии халькопирита в сфалерите, так и по сфалеритовой матрице.

Локальные проявления дисульфидизации пирротина и пиритизации халькопирита установлены теперь еще и в медно-никелевом типе руд комплексного Варваринского месторождения в Костанайской области. Кроме того, здесь зафиксированы неизвестные ранее явления *пиритизации герсдорфита*.

Структура агрегатов новообразованного пирита по пирротину совершенно аналогична той, что наблюдалась в колчеданных рудах. Они представлены чрезвычайно тонкозернистыми пористыми скоплениями среди пирротина. При этом неизменными остаются включения крупнозернистого раннего пирита в пирротине (рисунок 1).

При пиритизации халькопирита возникают чрезвычайно тонкозернистые микропористые агрегаты колломорфной структуры, среди которых сохраняются реликты халькопирита.

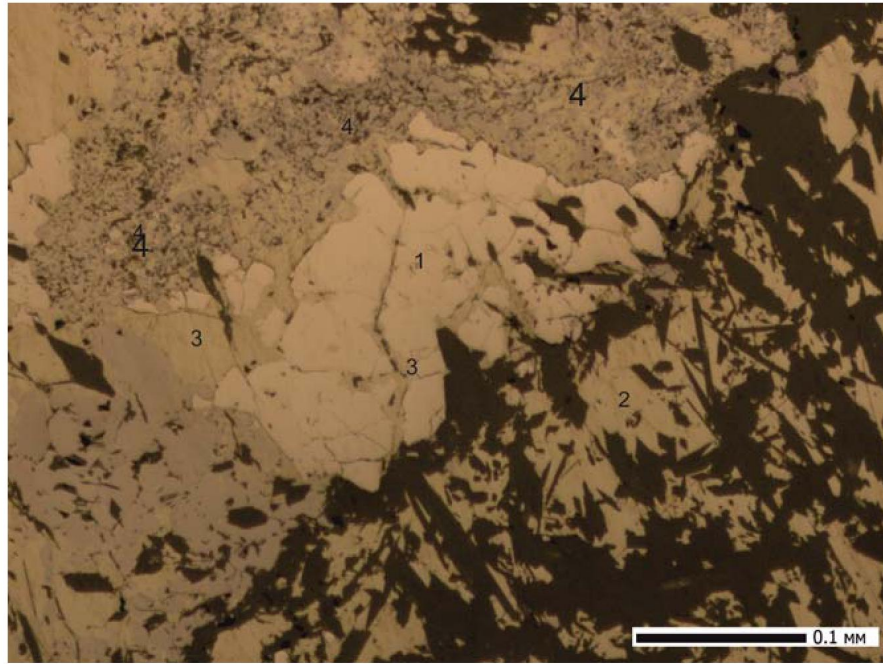


Рисунок 1 – Локальная дисульфидизация пирротина. Обр. № 13545, увел. 100.

1 – ранний пирит с пирротинном по границам зерен; 2 – халькопирит в ассоциации с пиритом; 3 – неизменный пирротин; 4 – тонко-зернистые пористые агрегаты новообразований пирита по пирротину.

В краевых частях этих агрегатов иногда появляются каемки из очень мелких кристалликов новообразованного пирита (рисунок 2). По данным микрозондовых анализов для агрегатов новообразованного пирита характерна примесь кремния и кислорода, что указывает на наличие в них кварца (таблица 1).

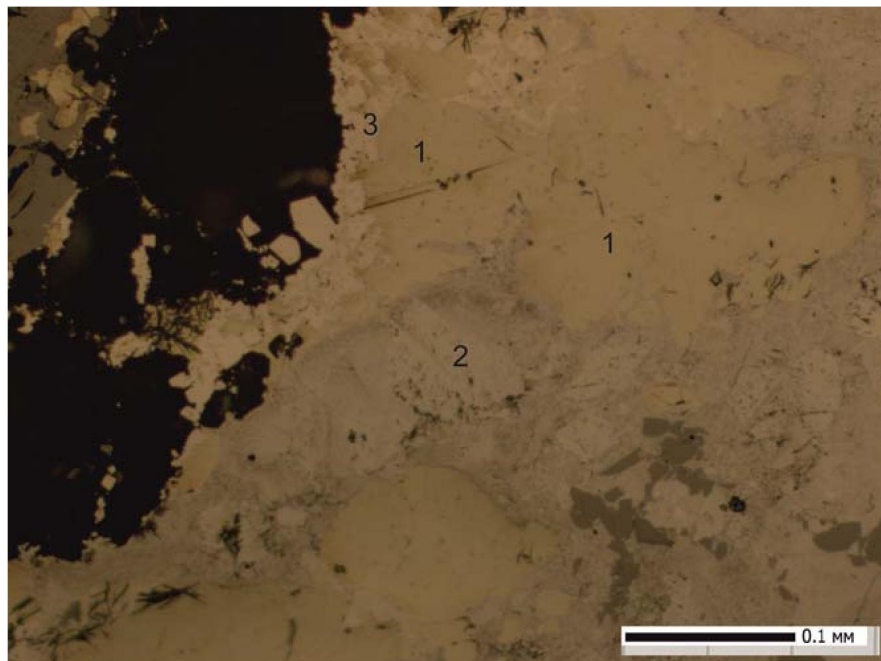


Рисунок 2 – Пиритизация халькопирита. Обр. №17400, увел. 200.

1 – халькопирит неизменный (реликты); 2 – колломорфные новообразования пирита по халькопириту; 3 – каемка из мелких кристалликов новообразованного пирита на поверхности колломорфных продуктов пиритизации.

Таблица 1 – Состав халькопирита и продуктов его пиритизации. Образец 17400*

Ан.	Минералы	S	Fe	Cu	O	Si	Mg	Al	Ca	As
1	Халькопирит неизмененный	33,36	28,97	32,43	–	–	–	–	–	–
2	–/–	32,38	29,86	33,41	–	–	–	–	–	–
3	Пирит – колломорфные новообразования по халькопириту	43,87	42,55	0,25	4,21	1,18	0,38	0,25	0,16	–
4		42,69	41,18	3,39	5,89	1,04	0,38	0,38	0,19	–
5	Кристаллики новообразованного пирита на колломорфных агрегатах	50,65	44,31	–	–	–	–	–	–	0,95
6		51,24	44,27	–	–	–	–	–	–	–

*Анализы выполнены на микрозонде JСХА-733. Аналитики: В. Л. Левин и П. Е. Котельников. Все данные состава – в весовых процентах.

Герсдорфит NiAsS обычно встречается в сростках с халькопиритом. Состав его непостоянен. Содержание никеля колеблется в пределах 16–31 %. В переменных количествах присутствуют железо (2,5–8,5 %) и кобальт (1–10 %), изоморфные с никелем. Количество мышьяка варьирует от 42,5 до 51,8%. Соответственно содержание серы меняется от 19 до 10 % (таблица 2).

Таблица 2 – Состав герсдорфита и продуктов его пиритизации. Образец 11441*

Ан.	Минералы	S	Fe	Co	Ni	Cu	As	O	Mg	Al	Si
1	Герсдорфит	10,60	3,02	1,18	27,43	–	51,78	–	–	–	–
2		18,93	2,56	0,35	31,70	–	42,59	–	–	–	–
3		19,19	8,55	9,81	16,17	–	44,13	–	–	–	–
4	Пирит новообразованный по герсдорфиту	45,32	40,42	–	1,40	–	1,51	5,44	1,20	0,15	1,80
5		39,34	35,67	–	1,21	–	1,43	13,08	2,95	0,45	4,31
6	Халькопирит в сростке с герсдорфитом	33,80	29,39	–	–	33,02	–	–	–	–	–

*Анализы выполнены на микрозонде JСХА-733. Аналитики: В. Л. Левин и П. Е. Котельников. Все данные состава – в весовых процентах.

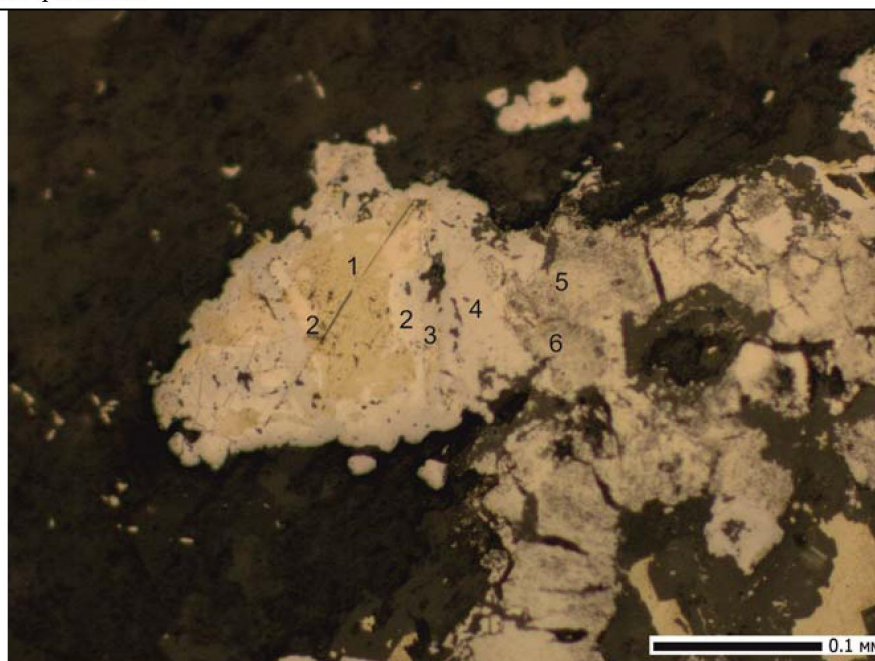


Рисунок 3 – Пиритизация герсдорфита. Обр. № 11441, увел. 200.

1 – халькопирит; 2 – Ni-герсдорфит с повышенным содержанием мышьяка и пониженным содержанием серы; 3 – Ni-герсдорфит; 4 – Fe-Co-Ni-герсдорфит; 5 и 6 – тонкозернистые пористые агрегаты пирита, возникшие по Fe-Co-Ni-герсдорфиту

Пиритизации подвержен герсдорфит с повышенным содержанием железа (рисунок 3). На его месте возникают тонкозернистые пористые агрегаты новообразованного пирита, обычно сопровождаемые кварцем (судя по анализам). Это подтверждает представления о причинах пиритизации как халькопирита, так и герсдорфита. Под воздействием поздних кремнекислых растворов ранее образованные халькопирит и герсдорфит разрушаются, медь и никель выносятся, а железо соединяется с серой, создавая тонкозернистые новообразования пирита.

Все типы позднегидротермальных преобразований происходят метасоматическим путем без привноса рудного вещества. Во всех случаях практически единственным минералом, возникающим в качестве новообразований по пирротину, халькопириту, сфалериту и герсдорфиту является дисульфид железа – пирит (иногда марказит). Размеры его зерен составляют от 0,00п до 0,01 мм. Обычно это пористые агрегаты, иногда колломорфного строения. Среди них обнаруживаются реликты первоначальных минералов.

В новообразованиях пирита (и марказита) связываются железо и сера замещаемых минералов. Новообразованный пирит устойчив по отношению к кварцу и карбонатам, завершающим рудный процесс и сохраняются в них без изменений. Неизменным остается и ранний обычно крупнозернистый пирит.

Причины необычайной стойкости пирита раскрываются опытами по изучению его электрохимических свойств [12, 13]. Установлено, что пирит в паре со многими из сульфидов всегда имеет более высокий электродный потенциал, чем контактирующий с ним минерал. Именно поэтому в гальванических парах минералов пирит устойчиво занимает место катода и, следовательно, защищен от разрушения.

Позднегидротермальная перегруппировка рудного вещества касается хотя и не в целом руд, а отдельных составляющих их минералов, приводит, тем не менее, иногда к существенному изменению их первоначального минерального и химического состава, а также текстурно-структурного облика. В основном это касается колчеданных руд. В них частично или полностью исчезают пирротин и халькопирит, на месте которых возникают пирит, марказит, иногда также и магнетит.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1953.
- [2] Вейц Б.И., Покровская И.В., Болгов Г.П. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1957. – Т. 1.
- [3] Иванкин П.Ф., Митряева Н.М., Пуркина З.А. Типы руд и стадии рудообразования на Новоберезовском месторождении // Труды АГМНИИ КазССР. – 1960. – Т. 8.
- [4] Жабин А.Г., Самсонова Н.С. Признаки исчезнувшего пирротина в колчеданных месторождениях // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1975. – Ч. 103, вып. 3.
- [5] Павлова З.Н. Магнетит-пиритовые руды Приорского месторождения как продукт дисульфидизации пирротина // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1976. – № 3.
- [6] Павлова З.Н. О продуктах гипогенного разложения пирротина на месторождении Авангард (Мугаджары) // Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1977. – № 6.
- [7] Белов Н.В. Некоторые особенности кристаллохимии сульфидов // В кн.: Вопросы петрологии и минералогии. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 2.
- [8] Павлова З.Н. Позднегидротермальная регрессивная кварц-пиритовая минеральная ассоциация в рудах Джиландинского цинково-медноколчеданного месторождения (Южные Мугаджары) // ДАН СССР. – 1979. – Т. 245, № 3. – С. 703-705.
- [9] Павлова З.Н. Кварц-пиритовые псевдоморфозы по кристаллам халькопирита из колчеданных руд Мугаджар // ДАН СССР. – 1981. – Т. 260, № 2. – С. 455-458.
- [10] Ammou-Chokroum M., Cambezoglu M., Steinmetz D. // Bull. Soc. franc. miner. et cristallogr. – 1977. – Vol. 100, N 3-4. – P. 149-161.
- [11] Филимонова Л.Е. Позднегидротермальная дисульфидизация на медно-порфировых месторождениях Казахстана // В кн.: Условия образования рудных месторождений Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1984. – С. 126-130.
- [12] Сахарова М.С., Лобачева И.К. Изучение микрогальванических систем – золотосодержащие растворы и особенности отложения золота // Геохимия. – 1978. – № 12.
- [13] Яхонтова Л.К., Грудев А.П., Нестерович Л.Г. Механизм окисления пирита // Геол. рудн. месторождений. – 1979. – № 2. – С. 63-68.

REFERENCES

- [1] Betehtin A.G. Gidrotermal'nye rastvory, ih priroda i processy rudoobrazovaniya // V kn.: Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyah. M.: Izd-vo AN SSSR, 1953.
- [2] Vejc B.I., Pokrovskaja I.V., Bolgov G.P. Mineralogija polimetallicheskih mestorozhdenij Rudnogo Altaja. Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1957. Vol. 1.
- [3] Ivankin P.F., Mitrjaeva N.M., Purkina Z.A. Tipy rud i stadii rudoobrazovaniya na Novoberezovskom mestorozhdenii // Trudy AGMNII KazSSR. 1960. Vol. 8.
- [4] Zhabin A.G., Samsonova N.S. Priznaki ischeznuvshego pirrotina v kolchedannykh mestorozhdeniyah // Zapiski Vsesojuznogo mineralogicheskogo obshhestva. 1975. Ch. 103, vyp. 3.
- [5] Pavlova Z.N. Magnetit-piritovye rudy Priorskogo mestorozhdeniya kak produkt disulfidizacii pirrotina // Izv. AN KazSSR. Ser. geol. 1976. N 3.
- [6] Pavlova Z.N. O produktah gipogenogo razlozheniya pirrotina na mestorozhdenii Avangard (Mugadzhary) // Izv. AN KazSSR. Ser. geol. 1977. N 6.
- [7] Belov N.V. Nekotorye osobennosti kristallohimii sul'fidov // V kn.: Voprosy petrologii i mineralogii. –M.: Izd-vo AN SSSR, 1953. Vol. 2.
- [8] Pavlova Z.N. Pozdnegidrotermal'naja regressivnaja kvarc-piritovaja mineral'naja associacija v rudah Dzhilandinskogo cinkovo-mednokolchedannogo mestorozhdeniya (Juzhnye Mugadzhary) // DAN SSSR. 1979. Vol. 245, N 3. P. 703-705.
- [9] Pavlova Z.N. Kvarc-piritovye psevdomorfozy po kristallam hal'kopirita iz kolchedannykh rud Mugadzhary // DAN SSSR. 1981. Vol. 260, N 2. P. 455-458.
- [10] Ammou-Chokroum M., Cambezoglu M., Steinmetz D. // Bull. Soc. franc. miner. et cristallogr. 1977. Vol. 100, N 3-4. P. 149-161.
- [11] Filimonova L.E. Pozdnegidrotermal'naja disulfidizacija na medno-porfirovykh mestorozhdeniyah Kazahstana // V kn.: Usloviya obrazovaniya rudnykh mestorozhdenij Kazahstana. Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR, 1984. P. 126-130.
- [12] Saharova M.S., Lobacheva I.K. Izuchenie mikrogal'vanicheskikh sistem – zolotosoderzhashhie rastvory i osobennosti otlozheniya zolota // Geohimija. 1978. N 12.
- [13] Jahontova L.K., Grudev A.P., Nesterovich L.G. Mehanizm okisleniya pirita // Geol. rudn. mestorozhdenij. 1979. N 2. P. 63-68.

З. Н. Павлова, К. Р. Плехова, В. Л. Леви, П. Е. Котельников

К. И. Сәтбаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

**БАРБАРЛЫ КЕН ОРНЫНЫҢ МЫС НИКЕЛЬ КЕНДЕРІНДЕГІ ЗАТТЫҢ
КЕШ ГИДРОТЕРМАЛДІ ҚАЙТА ТОПТАСТЫРУЫ ТУРАЛЫ**

Аннотация. Қазақстанның порфирлі мыс нысандары мен Алтай, Урал, Мугаджар колчеданды рудаларында белгілі және руда заттарын кешкігидротермальды қайта топтастырылуы туралы мәліметтер жүйелендірілген.

Қостанай аймағындағы кешенді Варвар кенорындағы руданың мыс-никель түріндегі пириттелінген халькопирит пен дисульфидтелінген пирротин туралы мағлұматтар жаңа берілген мәліметтермен толықтырылған. Тағыда осы рудадағы герсдорфиттің пириттелінген анықталынып тіркелінген. Жаңа пириттің агрегаттары, барлық жағдайда сол бірінші сульфидтердің орындарында ұсақ түйіршікті саңылаулы, кейде колломорфтық түрлері пайда болғандығы анықталынған. Диффузионды жолмен халькопириттен мыс, герсдорфиттен никель шығады, ал қалып қалған темірмен күкірттің есебінен темірдің дисульфиді пайда болады (көбінесе пирит, кейкейде марказит), Барлық түрлендірулер руда заттарын сыртқа шығармай өздерімен өтеді.

Жаңа пайда болған пирит кварц пен карбонаттар мен салыстырғанда руда процессінің соңында ол онда тұрақты және өзгеріссіз қалады. Бұл бастапқы рудалардың құрамының локальді, кейде айтарлықты өзгеруіне, текстуралық - құрамдық ерекшеліктеріне алып келеді.

Түйін сөздер: дисульфидтелінген пирротин, пириттелінген халькопирит пен дисульфидтелінген пирротин, колчеданды рудала, мыс-никель рудалар.