

*М. К. Колесникова, К. Р. Ковалев, Е. А. Наумов,  
Ю. А. Калинин, В. Н. Королюк  
Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск  
kkk@uiggm.nsc.ru*

### **Минеральные парагенезисы и типоморфизм минералов на золото-сульфидном месторождении Большевик в Восточном Казахстане**

Золотосульфидное месторождение Большевик располагается в Западно-Калбинском золотоносном поясе Восточного Казахстана в пределах Бакырчикского рудного поля, различные аспекты геологического строения и золотоносности которого освещались многими исследователями [Гаврилов, 1971; Каймирасова, 1984; Рассохин, Степанов, 1984; Старова и др., 1984; Щерба, 2000 и др.]. Наиболее полные сведения приведены в монографии В. А. Нарсеева с соавторами [2001]. Нами были изучены структурно-минеральные типы руд, состав и типоморфные особенности золота и арсенопирита и проведены изотопно-геохимические исследования по образцам с месторождения Большевик. Полученные данные дополняют ранние сведения о процессах минерализации на этом месторождении.

Бакырчикское рудное поле контролируется субширотной Кызыловской зоной смятия, ограниченной Северо-Восточным и Западно-Калбинским глубинными разломами. Зона падает на север под углами 30–45°, ее протяженность составляет 17 км при мощности от 10 до 250 м. На глубину она прослежена скважинами на 800–1000 м. Стратиграфический разрез рудного поля представлен отложениями прибрежных морей и мелководных бассейнов, относимыми к буконьской, кокпетинской и аркалыкской свитам среднекарбонного возраста. Продукты магматизма представлены плагиогранитами, гранодиоритами и дайковым комплексом плагиогранит-порфириров, диоритовыми и диабазовыми порфирирами, относимыми к максутскому и кунушскому комплексам.

Месторождение Большевик располагается на крайнем западном фланге Кызыловской зоны. Рудовмещающие толщи представлены углеродистыми алевропелитами, песчаниками, гравелитами и более грубообломочными породами. Породы интенсивно дислоцированы и брекчированы с наложенной кварцево-жильной минерализацией. Околорудные изменения проявляются в серицитизации и карбонатизации (табл.). Руды характеризуются широкими вариациями содержаний сульфидов (2–13 %). Рядовые содержания золота – 4.6–7.9 г/т. Содержание SiO<sub>2</sub> в рудах составляет 60.0–68.0 %, а углерода – не превышает 2 %. В таблице приведены результаты анализов типичных минерализованных пород месторождения на основные компоненты и элементы-примеси.

На месторождении выделяются реликтивно-слоистые, тонковкрапленные и прожилково-массивные текстурные разновидности руд. Реликтивно-слоистые разновидности представляют послойно-линзовидные выделения сингенетичного пирита и сидерита в углеродистых алевропелитах. Золотоносность такого пирита составляет от десятых долей до первых г/т. Тонковкрапленные минерализованные породы, представляющие продуктивный золото-сульфидный тип руд месторождения, характеризуются послойным распределением пирита и арсенопирита в серицитизированных песчаниках и углеродистых алевропелитах. Прожилково-массивные разновидности представляют на месторождении позднюю карбонатно-полисульфидную минерализацию,

Таблица

Содержание основных компонентов и элементов примесей в минерализованных породах месторождения Большевик (по данным INNA и РФА-СИ)

Элементы	Серицитизированный песчаник (Б-5/1)	Серицитизированный углеродистый алевропелит (Б-6)	Брекчированный серицитизированный алевропелит (Б-8)
Na, %	н/опр.	0.29	0.13
K	2.16	1.8	1.57
Ca	1.73	н/опр.	2.28
Fe	3.99	5.4	3.9
Mn	0.08	н/опр.	0.08
Ti	0.39	н/опр.	0.26
V, г/т	87.0	н/опр.	100.0
Cr	33.0	76.0	42.0
Ni	81.0	н/опр.	72.0
Co	40.0	11.7	10.4
Cu	84.0	н/опр.	45.0
Zn	56.0	129.0	110.0
Pb	< 5.0	н/опр.	<5.0
Ba	200.0	181.0	192.0
Au	> 10.0	24.0	28.0
Ag	1.06	< 1.0	1.82
As	15607.0	12000.0	200730.0
Sb	31.0	50.0	62.0
Sn	1.12	н/опр.	0.91
W	20.0	17.0	19.0
Mo	0.5	н/опр.	0.6
Pt	н/опр.	< 0.5	<0.02
Pd	н/опр.	н/опр.	0.012
Rh	н/опр.	н/опр.	< 0.05
Os	н/опр.	< 1·10 <sup>-7</sup>	< 1·10 <sup>-7</sup>
Ir	н/опр.	< 0.5	< 0.5

наложенную на вкрапленные пирит-арсенопиритовые руды. Они сложены Fe-Mg-Mn-карбонатами и содержат тонкие (десятки микрон) вкрапления и сростки рудных минералов (маложелезистый сфалерит, халькопирит, галенит, Sb-As блеклые руды, киноварь и Fe-Ni-Co-сульфоарсениды изоморфного ряда кобальтин-герсдорфит). С поздним процессом минерализации на месторождении, скорее всего, связано появление свободного золота.

Главными минералами руд месторождения являются *арсенопирит, пирит и золото*. При этом арсенопирит является основным концентратом золота. Он представлен тонкоигольчатыми и короткопризматическими кристаллами размером до 0.5 мм. Более крупнокристаллические разновидности арсенопирита встречаются в дислоцированных рудах. Обычно порфиروبластовые кристаллы имеют гелицитовое строение и содержат включения кварца, рутила, таблички углеродистого вещества. В двух мономинеральных пробах арсенопирита атомно-абсорбционным анализом зафикси-

ровано Au – 850 и 486 г/т, Ag – 2.4 и 1.9 г/т. При изучении образцов под оптическим микроскопом и на сканирующем электронном микроскопе видимое золото в таком арсенопирите не обнаружено.

На электронно-зондовом микроанализаторе JEOL JXA-8100 в 70 зернах арсенопирита из продуктивной и более поздней минеральных ассоциаций нами выполнено 194 анализа. Средний химический состав арсенопирита составляет (мас. %): Fe – 31.11; As – 38.04; S – 19.13, что отвечает формуле  $Fe_{0.91}As_{0.89}S$ . Отношение атомных процентов S к As (1.17) указывает на нестехиометричность и обогащенность S. Из примесей в арсенопирите постоянно присутствует Sb до 0.51 мас. %, в единичных зернах встречаются (мас. %): Ni до 0.33; Co до 0.10; Cu до 0.03.

Au определялось с пределом обнаружения 0.004 мас. %. Выявляется крайне неравномерное его распределение в зернах арсенопирита. Максимальное содержание Au составляет 0.21 мас. %. На диаграмме по данным 111 анализов показано соотношение As и Au (рис. 1). Отмечается обеднение Au арсенопирита поздней ассоциации, а также зерен арсенопирита из интенсивно деформированных пород. Коэффициент корреляции между Au и As составляет 0.45. Очевидно можно говорить о кластерном характере распределения субмикроскопического золота в проанализированных арсенопиритах.

В минерализованных породах месторождения встречаются сингенетичный глобулярный, кубический и пентагондодекаэдрический пирит. Ранее отмечалась повышенная золотоносность сингенетичного пирита (0.5–1.4 г/т) в рудовмещающих толщах Бакырчикского рудного поля [Сорокин, 1971; Масленников, 1979]. Нами атомно-абсорбционным методом определены содержания Au и Ag в мономинеральных пробах тонкокристаллического кубического пирита, пентагондодекаэдрического пирита и крупнокристаллического агрегата из порфириновых вкрапленников в прокварцованных рудах. Содержания Au в них составляют соответственно (г/т): 29.0; 71.0; 130.0 и 23.0, Ag – 0.8; 1.3; 4.2 и 1.9.

Свободное золото в рудах месторождения встречается редко. Выделяется субмикроскопическое и гравитационно-извлекаемое золото. Субмикроскопическое золото обнаруживается только при изучении полированных образцов на сканирующем электронном микроскопе. Это изометрично-овальные вкрапления размером 0.5–3 мкм в кварце или углеродисто-слюдистом агрегате. Иногда такое золото нарастает на пирит и арсенопирит из продуктивной ассоциации.

Видимое золото тонкого класса было выделено из минерализованных углеродистых пород. Размеры его зерен обычно составляют десятки микрон, не превышая 300 мкм. Характерны срастания золота с пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, кварцем и карбонатами. Оно имеет комковато-массивное, скорлуповато-раковистое и коралловидное строение. На рентгеноспектральном анализаторе Camebax-micro было проанализировано 110 золотин (171 анализ). Почти все золото относится к высокопробным разностям, содержание Ag находится на уровне 5–6 мас. %, при максимальных значениях 8.0–15.4 мас. %. Вариации содержаний Ag в центре и по краям зерен не выявляются. Hg была установлена в большей части проб (131 анализ, предел обнаружения 0.27 мас. %). Какой-либо корреляции значений Ag и Hg не выявляется (рис. 2). Содержания Cu и Ni в золоте находятся ниже предела обнаружения.

Изотопный состав серы определялся в 3 пробах пирита и двух пробах арсенопирита. Значения  $\delta^{34}S$  пирита из порфириновых вкрапленников в окварцованном углеродистом сланце (Б-4) и в двух пробах пирита пентагондодекаэдрического облика из золото-сульфидных руд (Б-6 и Б-8) составляют соответственно –1.3; –0.3; –0.7 ‰.

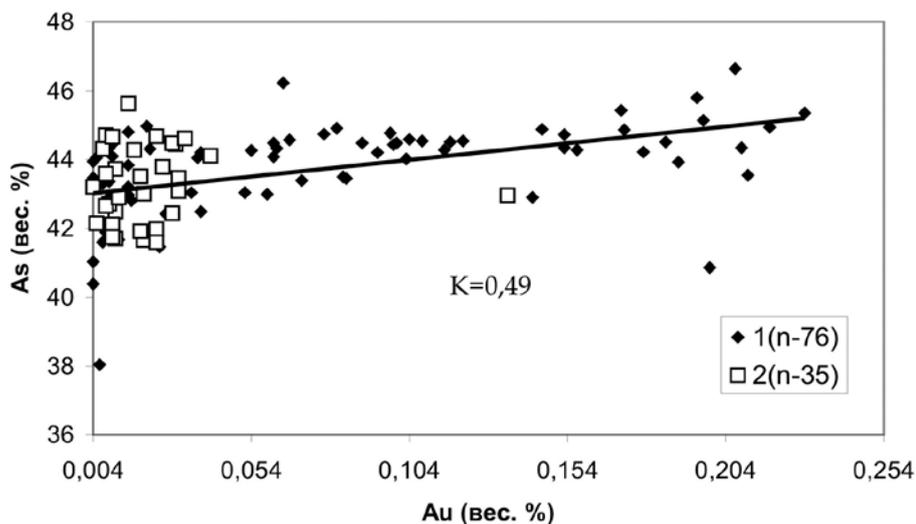


Рис. 1. Соотношение концентраций Au и As в арсенопирите. 1 – арсенопирит из продуктивной золото-сульфидной ассоциации, 2 – арсенопирит из поздней ассоциации и перекристаллизованных руд.

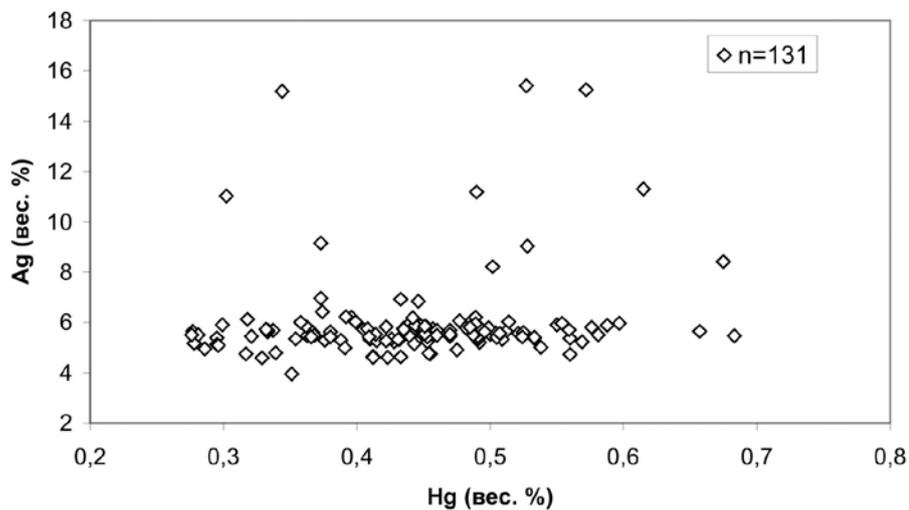


Рис. 2. Соотношение концентраций Ag и Hg в золоте.

$\delta^{34}\text{S}$  в арсенопирите (Б-6+5 и Б-8) составляет  $-1.3$  и  $-2.4\%$ . Эти значения позволяют говорить о присутствии несколько облегченной серы по сравнению с ювенильной, а также об участии коровой серы. Достаточно узкий диапазон значений  $\delta^{34}\text{S}$  возможно обусловлен ее гомогенизацией.

Таким образом, на месторождении Большевик проявлен многоэтапный процесс рудоотложения. Это выражается в текстурных, минеральных и геохимических особенностях минерализованных пород.

## Литература

- Гаврилов А. М.* О сингенетичном с сульфидами характере тонкодисперсного золота на золоторудном месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) // Минеральный состав руд и изменения вмещающих пород в месторождениях золота, свинца и цинка. Труды ЦНИГРИ, 1971. Вып. 96. Ч. 1. С. 158–166.
- Каймирасова А. Г.* Особенности микроскопического и тонкодисперсного золота некоторых месторождений Казахстана // Условия образования рудных месторождений Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1984. С. 74–86.
- Масленников В. В.* Некоторые черты процесса рудообразования в Калбинском золотоносном районе // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Вып. 8. Алма-Ата, 1979. С. 84–90.
- Нарсеев В. А., Гостев Ю. В., Захаров А. В. и др.* Бакырчик: геология, геохимия, оруденение. М.: ЦНИГРИ, 2001. 174 с.
- Рассохин А. Г., Степанов С. А.* Структурно-морфологические особенности месторождения Большевик и условия формирования оруденения // Геология месторождений золота Казахстана. Алма-Ата, 1984. С. 85–92.
- Сорокин В. Н.* О хемогенной и гидротермальной золотоносности на месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) // Минеральный состав руд и изменения вмещающих пород в месторождениях золота, свинца и цинка. Труды ЦНИГРИ, 1971. Вып. 96. Ч. 1. С. 148–158.
- Старова М. М., Баханова Е. В., Старова В. В.* О минеральной зональности месторождений золота в породах углеродистых формаций // Условия образования рудных месторождений Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1984. С. 87–102.
- Щерба Г. Н.* (ред.) Большой Алтай: (геология и металлогения). Кн. 2. Металлогения. Алматы: РИО ВАК РК, 2000. 400 с.

*А. Л. Тимкина*

*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

### **Флюидный режим формирования Васильковского золото-сульфидно-кварцевого месторождения (Казахстан)** (научный руководитель Н. А. Гибшер)

Рудное поле расположено в юго-западной части Алтыбайского интрузивного массива, приуроченного к северному обрамлению Кокчетавской глыбы. Васильковское золоторудное месторождение по запасам золота отнесено к классу гигантов мирового значения [Рафаилович и др., 2001]. Запасы золота превышают 380 т со средним содержанием золота в рудах 2,9 г/т [Некрасов, 1999]. Месторождение находится на севере Казахстана в 25 км от г. Кокчетав. Васильковское месторождение представляет собой штокверк прожилково-вкрапленных руд, приуроченный к контакту гранодиоритов и диоритов. Месторождение сформировано в три этапа гидротермальной деятельности: прерудный, рудный и пострудный [Абишев и др., 1972; Исакович, 1987]. Во время каждого этапа шла кристаллизация кварца.