

## Гидротермалиты и минералогия руд месторождения Кочковский как индикатор условий золотооруденения

© *Г. И. Шведов*<sup>1</sup>, *О. Ю. Перфилова*<sup>1</sup>, *О. М. Карнаухова*<sup>2</sup>, *С. А. Мавринская*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Россия. E-mail: g.shvedov@mail.ru, perfil57@mail.ru

<sup>2</sup> ПГО «Сибирское» Росгеология, г. Красноярск, Россия. E-mail: olkarnauhova@yandex.ru

<sup>3</sup> ООО «Мангазея Золото» управляющей компании «Коржакмайнинг», г. Москва, Россия.

E-mail: m.mavrinskaya@mangazeya.ru

Рассмотрены петрография вмещающих пород и минеральный состав руд Кочковского месторождения (Забайкальский край), отражающие условия формирования золотооруденения. В составе руд изучено более 30 рудных минералов, включающих самородные металлы, полуметаллы, сульфиды, арсениды, стибниты, сульфосоли серебра, мышьяка, сурьмы, теллуриды и оксиды.

**Ключевые слова:** гидротермально-метасоматические изменения; сульфидные руды; самородное золото; золото-мышьяковисто-сульфидная рудная формация; Забайкальский край.

## Hydrothermalites and mineralogy of ore deposit Koczkowski as indicator of the conditions of gold injury

*G. I. Shvedov*<sup>1</sup>, *O. Yu. Perfilova*<sup>1</sup>, *O. M. Karnauhova*<sup>2</sup>, *S. A. Mavrinskaya*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: g.shvedov@mail.ru, perfil57@mail.ru

<sup>2</sup> PGO «Siberian» Rosgeology, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: olkarnauhova@yandex.ru

<sup>3</sup> LLC «Mangazeya Gold» management company «Corjackmining», Moscow, Russia,

m.mavrinskaya@mangazeya.ru

In this work the petrography of the host rocks and mineral composition of ores of the Kochkovskoye deposit (Zabaikalsky region) are considered, which reflecting the conditions for the formation of the gold mining. In the composition of ores was studied more than 30 ore minerals including native metals, metals, sulfides, arsenides, stibnite, sulphosalts of silver, arsenic, antimony, tellurides and oxides.

**Keywords:** hydrothermal-metasomatic changes; sulfide ores; native gold; gold-arsenic-sulfide ore formation; Zabaikalsky region.

Кочковское месторождение находится в пределах Широкинского рудного поля в Газимуро-Заводском районе Забайкальского края. Месторождение изучено недостаточно, поэтому в задачи авторов входило изучение петрографии вмещающих пород, исследование минерального состава руд и уточнение условий и стадийности процессов формирования золотооруденения и зональности околорудных изменений. Для решения поставленных задач было изучено 100 прозрачных и 100 полированных шлифов, изготовленных из керна скважин. Петрографические исследования прозрачных шлифов производились с использованием оптического микроскопа Axioskop 40 APOЛ производства Германия. Изучение рудных минералов выполнялось на оптическом микроскопе OlympusBX51 с видеокамерой ColorViewIII и программным обеспечением Analysiswork (Япония). Предварительная диагностика мелких зерен рудных и породообразующих минералов выполнялась на японском сканирующем электронном микроскопе Hitachi 3000 с энергодисперсионной приставкой в Институте Химии и Химических технологий (г. Красноярск). В этом же институте выполнялся рентгенофазовый анализ пород и руд участка (аналитик Г.Н. Бондаренко). Для количественного определения состава рудных и нерудных минералов и получения фотографий минералов в обратно рассеянных электронах использовался микрорентгеноспектральный анализатор (микрозонд) JXA 8100 производства фирмы JEOL (Япония) и сканирующий электронный микроскоп LEO1430 VP производства Чехии с энергодисперсионной приставкой производства Оксфорд (Англия) (Институт геологии и минералогии, г. Новосибирск). Аналитические работы по силикатному и многоэлементному анализу выполнены в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей» (г. Москва) Фазовые анализы на серу и железо выполнялись в Центральной лаборатории ОАО «Красноярскгеология». Определение содержания золота в монофракции сульфидов выполнено в лаборатории ГПКК КНИИГиМС (г. Красноярск).

Вмещающие породы представлены преимущественно вулканитами шадоронской серии (талангуйская и кипринская свиты) среднеюрского возраста: базальтами, андезибазальтами, андезитами, плагиодацитами, дацитами, риодацитами и их туфами. Часть из них может представлять фрагменты эффузивов покровной фации, а часть являться подводящими каналами эффузивов или мелкими ма-

логлубинными дайковыми телами. Микроструктуры эффузивов чаще всего мелкопорфировые или сериально-порфировые. Акцессорные минералы в эффузивах представлены апатитом, цирконом, рутилом, хромшпинелидами и титаномагнетитом. Содержания кремнекислоты от 51,28 % до 76,65 %. Все породы являются низко- и умеренно-титанистыми ( $TiO_2 = 0,26-1,35\%$ ), умеренно- и высокоглиноземистыми. В базальтах повышено содержание  $P_2O_5$  (до 0,74%). В целом, устанавливается гомогенный характер ассоциации. Плаггиодациты, дациты, риодациты являются продуктами дифференциации базальтовой магмы. Следует отметить присутствие в эффузивах, в том числе и кислых, хромшпинелидов. Можно предполагать преобладание натрия в составе щелочей в исходных расплавах, с чем связано практически полное отсутствие в составе изученных пород первично-магматического калиевого полевого шпата. В составе вулканогенно-осадочной толщи присутствуют также туфроконгломераты, туфопесчаники и туфоалевролиты, сложенные обломками тех же эффузивов. Все породы интенсивно изменены в результате многостадийных гидротермально-метасоматических процессов и неоднократных тектонических подвижек. В результате интенсивной серицитизации, окварцевания, неравномерной калишпатизации и альбитизации, карбонатизации, а также наложенной сульфидизации вулканические и вулканогенно-осадочные породы преобразованы в крайне тонкозернистые метасоматиты полевошпат-кварц-серицитового, кварц-серицитового и серицит-кварцевого состава, обогащенные сульфидами (березиты), реже наблюдается пропилитизация (преимущественно, хлоритизация, карбонатизация и альбитизация) андезибазальтов, базальтов, андезитов и туфов основного и среднего состава. В результате калиевого щелочного метасоматоза значительно возросла доля  $K_2O$  в составе щелочей. В большинстве проанализированных образцов он резко преобладает над натрием ( $K_2O/Na_2O$  варьируют от 0,79–0,94 в наименее измененных породах до 67,84–103,9 в интенсивно калишпатизированных и серицитизированных эффузивах).

Рудная минерализация участка сложна и разнообразна. Сульфидные руды являются, преимущественно, прожилково-вкрапленными. Характерны все разновидности вкрапленных текстур, а также прожилково-вкрапленные, брекчиевые, брекчиевидные, полосчатые, пятнистые, крустификационные, кокардовые типы текстур. Наиболее распространенными структурами рудных минералов являются зернистые и метазернистые, структуры дробления, структуры перекристаллизации, распада твердого раствора, реликтовые, интерстициальные, псевдоморфные, гребенчатые, каемочные замещения или обрастания. Основная масса руд неравномерно-зернистая и представлена агрегатами сульфидов среди жильных минералов или во вмещающей породе. Размер зерен большинства рудных минералов измеряется сотыми и тысячными, реже — десятными долями миллиметра. В редких случаях размер их достигает первых сантиметров. Минеральный состав руд участка Кочковский характеризуется значительным разнообразием слагающих его рудных минералов. В его составе кроме широко распространенных сульфидов, характерных для золоторудных месторождений, обнаружены мало распространенные и даже редкие минералы серебра, сурьмы, мышьяка и теллура. Разнообразие минерального состава руд участка выражается в присутствии различных классов минералов. Здесь распространены самородные металлы и полуметаллы (самородное золото, самородный мышьяк, самородный теллур, ртутистое серебро), сульфиды железа, цинка, свинца, меди, сурьмы, мышьяка, сульфидоарсениды, стибниды, сульфосоли сурьмы, мышьяка, серебра, теллуриды и оксиды. Для многих рудных минералов характерно наличие нескольких генераций. По распространенности минералы сульфидных руд подразделяются на главные (широко распространенные), к которым относятся пирит и марказит; второстепенные (умеренно распространенные) — арсенопирит, стибнит, сфалерит, галенит, гематит, герсдорфит, различные сульфосоли, пирротин, халькопирит, а также редкие.

Обосновано выделение нескольких этапов формирования месторождения: дорудный (включающий дорудную стадию формирования вмещающих пород и стадию относительно высокотемпературного безрудного метасоматоза), рудный и гипергенный этапы. Из числа рудных минералов к стадии дорудного метасоматоза отнесены мало распространенные пирит и пирротин первой генерации. В пределах рудного этапа выделено 4 стадии: золото-пирит-марказитовая, золото-кварц-карбонат-полиметаллическая, золото-карбонат-кварц-стибнитовая и карбонатная (безрудная), связанная с формированием наиболее поздних низкотемпературных кварц-карбонатных и карбонатных прожилков, иногда содержащих барит и целестин. Ведущее промышленное значение на участке имеет рудный парагенезис, относящийся к золото-пирит-марказитовой стадии, в составе которого присутствует наноразмерное золото, связанное с мышьяковыми зонами в составе пирита и с арсенопиритом. Локально распространены полиметаллические жилы и прожилки, относящиеся к золото-кварц-карбонат-полиметаллической стадии, в составе которых второстепенную роль играет относительно низкопробное золото пылевидных размеров. Более значительно распространены существенно карбонатные и карбонат-кварцевые прожилки, несущие сложный комплекс сульфидов сурьмы (стибнит),

мышьяка (реальгар, аурипигмент), ртути (киноварь), теллуридов ртути и сурьмы (колорадоит и теллурантимонит), самородные металлы (мышьяк и теллур), относящиеся к золото-карбонат-кварц-стибнитовой стадии. С этим комплексом связано высокопробное тонкодисперсное золото. Минеральные образования этих стадий последовательно сменяют друг друга во времени, практически совмещаясь в пространстве, в связи с тем, что благоприятной средой рудоотложения оставались долгоживущие зоны дробления, катаклаза, хорошо проницаемые для рудоносных растворов.

Можно предполагать, что рудообразование происходило в близповерхностных низкотемпературных условиях, о чем свидетельствуют тонкие размеры ранних сульфидов, широкое распространение гипогенного марказита, значительное количество в рудах аурипигмента и реальгара (ассоциация этих минералов устойчива лишь ниже 263° С), широкое распространение колломорфных структур, связанных с кристаллизацией низкотемпературных гелей, а также флуктуации окислительно-восстановительных условий рудоотложения (попеременный рост пирита и марказита, смена сульфидов мышьяка на самородный мышьяк и т.д.).

Указанные рудные парагенезисы, состав и размеры самородного золота позволяют отнести сульфидную минерализацию участка Кочковский к золото-мышьяковисто-сульфидной рудной формации, аналогами которой, возможно, являются месторождения карлинского типа, широко распространенные на территории США [1–3].

#### *Литература*

1. Осовецкий Б. М. Природное нанозолото. Пермь: Изд. Перм. Ос. Нац. Исслед. Ун-та, 2013. 176 с.
2. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: Атлас / Л. А. Николаева [и др.]. М.: ЦНИГРИ, 2015. 200 с.
3. «Invisible» gold revealed: Direct imaging of gold nanoparticles in a Carlin-type deposit / Ch. S. Palenik [et al.] // American Mineralogist. V. 89. 2004. P. 1359–1366.

**Шведов Геннадий Иванович**, доцент кафедры Института Горного дела, Сибирского федерального университета, г. Красноярск.