УДК 553.411·661.2(571.61)

В. А. СТЕПАНОВ (НИГТЦ ДВО РАН), А. В. МЕЛЬНИКОВ (ИГиП ДВО РАН)

Месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации Приамурской провинции

Приведено описание месторождений Пионер, Бамское и Кировское золото-сульфидно-кварцевой формации в Приамурской золотоносной провинции. Показано, что месторождения тяготеют к гранитным массивам мезозойского, чаще раннемелового возраста, располагаясь в их эндо- и экзоконтактах. Изотопный возраст золотого оруденения раннемеловой. Золото-сульфидно-кварцевые месторождения отличаются мощными и протяженными рудными телами, представленными зонами жильно-прожилкового и метасоматического окварцевания, реже сульфидно-кварцевыми жилами с рядовыми и бедными содержаниями золота. Рудные тела сопровождают зоны березитизации, реже аргиллизации. Руды содержат умеренное количество сульфидов (5–20 %), главным образом пирит и арсенопирит. Золото находится как в свободной форме, так и в связанной в сульфидах. Взаимоотношения свободного и связанного золота колеблются в значительных пределах. Важное промышленное значение приобретают зоны окисления с преимущественно свободным золотом.

Ключевые слова: *золото-сульфидно-кварцевые месторождения, провинция, самородное золото, сульфиды, березитизация, зона окисления.*

V. A. STEPANOV (NIGTC FEB RAS), A. V. MELNIKOV (IGIP FEB RAS)

Deposits of gold-sulphide-quartz formation of the Amur province

The description of the deposits Pioneer, Bamskoe and Kirovskoe gold-sulphide-quartz formation in the Amur gold-bearing province. It is shown that the deposits tend to the granite massifs of the Mesozoic most of Early Cretaceous age, lying in their endo- and exocontacts. The isotopic age of gold mineralization of the Early Cretaceous. Gold-sulphide-quartz deposits are characterized by powerful and extensive ore bodies are represented by zones of vein-vein and metasomatic quartz, less sulphide-quartz veining with ordinary and poor content of gold. Ore bodies are accompanied by zones of beresitization, less of argillization. Ores contain moderate amounts of sulphides (5–20 %) represented mainly by pyrite and arsenopyrite. Gold is found both in free form and bound in sulphides. The relationship between free and bound gold fluctuate in considerable limits, determining the technology of enrichment of ores. An important industrial significance of the oxidation zone with a predominantly free gold.

Keywords: *gold-sulphide-quartz deposits, province, native gold, sulphides, beresitization, the oxidation zone.*

Введение. В пределах Приамурской золотоносной провинции позднемезозойского возраста широко развиты месторождения и рудопроявления золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-серебряной и золото-полиметаллической формаций. Месторождения этих формаций являются основными продуцентами рудного золота и определяют металлогеническую специализацию провинции. Реже встречаются месторождения золото-сульфидной и золото-медно-молибден-порфировой формаций [8]. Особое внимание привлекают месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации, среди которых находятся крупные (Пионер, Бамское) и средние (Кировское) по запасам золота.

Месторождение Пионер расположено в Улунгинском рудно-россыпном узле Северо-Буреинской металлогенической зоны, в верховьях р. Улунга. Первые данные о наличии золотого оруденения в коренном залегании получены в 1978 г. при проведении групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 Умлеканской партией Зейской ГСЭ (начальник партии В. А. Степанов). Дальнейшие поисковые работы проводили партии Зейской ГСЭ, а разведочные вела компания Петропавловск. Добыча золота началась в 2008 г., на 1.01.2015 добыто 59,1 т.

Месторождение локализовано на контакте многофазной Ольгинской интрузии гранитоидов раннемелового возраста и вмещающих песчано-сланцевых пород аякской свиты средне-позднеюрского возраста. Широко развиты дорудные и внутрирудные дайки и малые тела диоритовых порфиритов и андезитов буриндинского комплекса раннего мела [4]. Современный облик месторождения предопределен ортогональной системой разломов северо-западного и северо-восточного направлений. Рудоносные зоны располагаются главным образом вдоль разломов северо-восточного простирания (рис. 1). Рудные зоны – крутонаклонные (50–80°), мощные (50–300 м) линейные штокверки прожилково-сетчатого окварцевания и карбонатизации с прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализацией.

Руды месторождения Пионер относятся к золото-сульфидно-кварцевому типу. Выделяются две основные разновидности руд: первичные – бедные, рядовые и богатые; окисленные – рядовые и богатые. По количеству сульфидов первичные руды умеренносульфидные (2–8 % сульфидов), окисленные – малосульфидные (менее 2 %). По минеральному составу руды на 88–96 % сложены породообразующими минералами, в первичных

© В. А. Степанов, А. В. Мельников, 2016

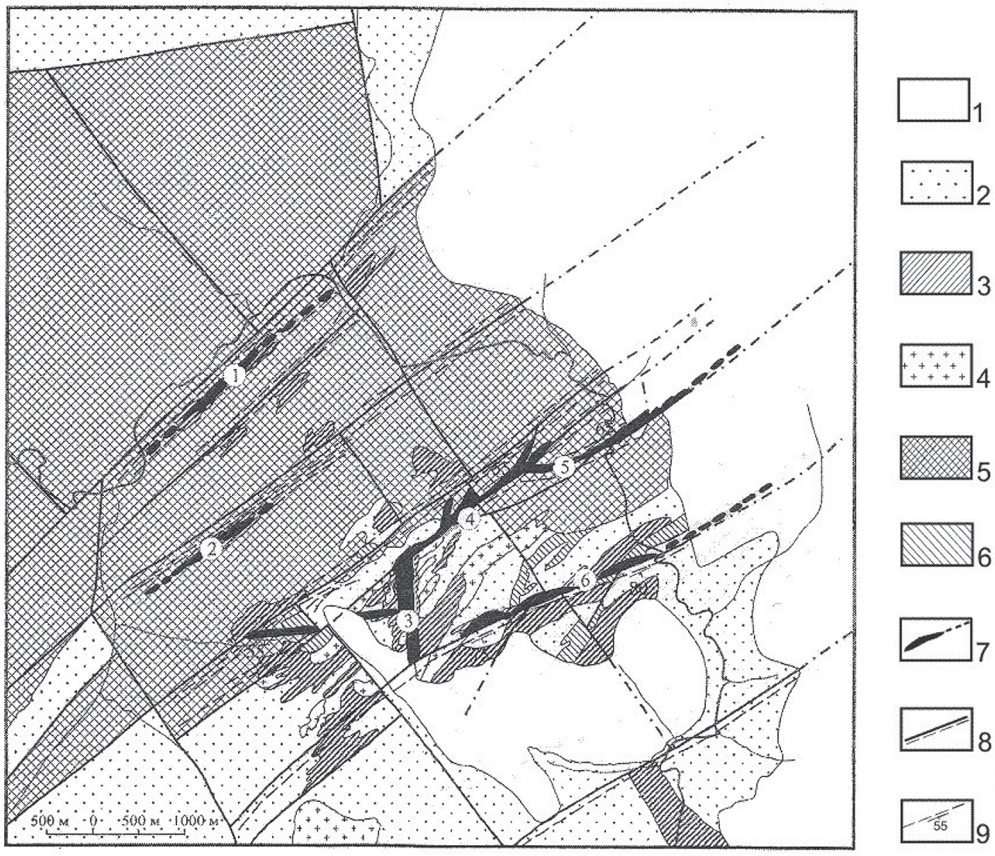


Рис. 1. Золоторудное месторождение Пионер, по [4]

1 – неогеновые озерно-аллювиальные пески, глины; *2* – верхнеюрские песчаники, алевролиты; *3–5* – нижнемеловые (*3* – диорит-порфириты, *4* –гранит-порфиры, *5* –диориты, гранодиориты); *6* – верхнеюрские гранит-порфиры; *7* – золоторудные штокверковые зоны (1 – Звездочка, 2 – Западная, 3 – Южная, 4 – Промежуточная, 5 – Бахмут, 6 – Андреевская); *8* – разломы и зоны трещиноватости; *9* – элементы залегания рудных зон

рудах это кварц и полевые шпаты. В окисленных рудах место полевых шпатов занимают глинистые минералы.

Золотоносные рудные тела месторождения Пионер представлены однотипными зонами прожилково-сетчатых кварц-карбонатных прожилков, иногда переходящих в брекчии того же состава. Они сопровождаются прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией с заметным преобладанием пирита. Вмещающие породы обычно превращены в серицит-кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты. Из рудных минералов отмечаются пирит, арсенопирит, пирротин, магнетит, халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит, висмутин, антимонит, сульфосоли свинца, меди, мышьяка, сурьмы, самородные золото и серебро, аргентит и акантит.

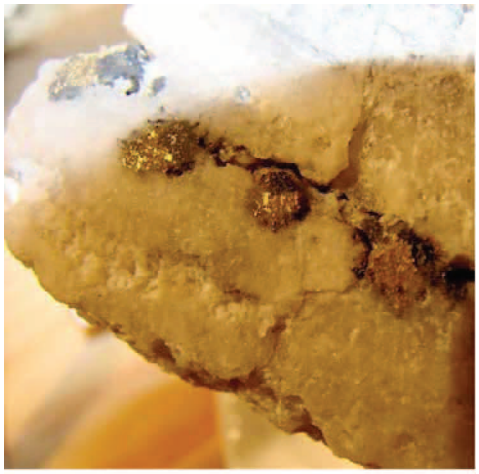
Для обогащенных золотом рудных столбов характерен полный набор сульфидов с существенной ролью сульфосолей, антимонита, халькопирита, самородного серебра, акантита и аргентита. Концентрации этих минералов в богатых рудах более чем на порядок превышают их концентрации в рядовых, что свидетельствует о наличии в рудных столбах наиболее продуктивных на золото стадий минералообразования.

По рудным зонам широко развита зона окисления. Мощность ее от 8–10 м на западном фланге месторождения до 150–220 м на восточном. Окисленные руды месторождения Пионер представлены глинистыми и дресвяно-глинистыми образованиями, в которых из первичных породообразующих минералов сохранился в основном лимонитизированный кварц. По рудным минералам образуются лимонит, гематит, марказит, пиролюзит, халькозин, ковеллин, скородит, ярозит, лепидокрокит, гидрогетит. Золото в зоне окисления высвобождается из сульфидов и переходит в свободную форму.

Выделены этапы, стадии, подстадии рудного минералообразования и соответствующие им минеральные ассоциации. Рудный этап включает минеральные образования золото-сульфидно-порфировой и золото-сульфидно-кварцевой стадий. Первая стадия ассоциирует со становлением порфировых малых интрузий буриндинского комплекса раннего мела, когда отлагалась основная масса трудноизвлекаемого золота, связанного с сульфидами. Во второй стадии интенсивность золоторудного процесса усилилась за счет новых порций золотоносных растворов, а также за счет переотложения раннего золота. Происходили его укрупнение и отложение в свободной, извлекаемой форме.

В предрудный этап в рудных зонах и их обрамлении сформировались эпидот-хлоритовые и кварц-эпидот-турмалиновые пропилиты с вкрапленной (до 1–2 %) пиритовой минерализацией. В рудный этап проявились серицит-кварцевые, кварц-серицитовые, хлорит и карбонат-кварц-серицитовые березиты, реже аргиллизиты,

Рис. 2. Жила полосчатого рудоносного кварца в аргиллизированных и пиритизированных песчаниках из зоны Бахмут месторождения Пионер



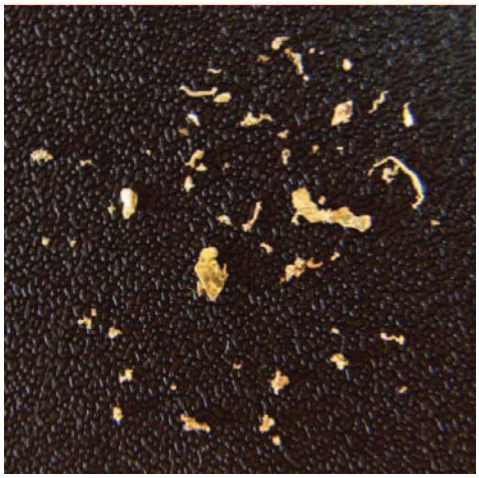


Рис. 3. Видимое золото месторождения Пионер в кварце, размер золотин 0,5–1,0 мм (справа); формы выделений золота (протолочка), размер золотин 0,02–1,5 мм (слева). Фото А. Е. Казанцева

сопровождаемые прожилково-вкрапленным оруденением (рис. 2).

Рядовые руды месторождения в основном бедные, содержание золота 0,4–2 г/т. В обогащенных гнездах, струях и рудных столбах оно превышает 4 г/т, в отдельных пробах достигает 100–1830 г/т. Золото-серебряное отношение примерно 1:1.

Самородное золото встречается в двух видах. Во-первых, это микронные выделения и наночастицы в пирите предрудной стадии минерализации. Во-вторых, оно от мелкого до крупного крючковатой, округлой и рисовидной формы рудной стадии (рис. 3). Проба его от 650 до 880 ‰ в рядовых рудах и от 870 до 915 ‰ в богатых. Отобранное нами в 2012 г. из рудного тела зоны Андреевская самородное золото имеет пробу 709,9–779,7 ‰, среднее из четырех анализов 750,5 ‰. В зоне окисления оно укрупняется, форма золотин становится комковатой, пористой, дендритовидной, проволочковидной. Проба его повышается от 700–880 ‰ в рядовых рудах до 903–964 ‰ в богатых.

Запасы месторождения оцениваются в 111,4 т золота при средних содержаниях 1,6 г/т. Прогнозные ресурсы могут быть сопоставимы с запасами [4].

Бамское месторождение расположено в Бамском рудно-россыпном узле Северо-Становой металлогенической зоны, на правом борту верховьев р. Чульбангро. Открыто в 1979 г. при проведении литохимической съемки масштаба 1 : 200 000 (начальник партии В. В. Домчак). Вмещающими породами являются гранитоиды чубачинского комплекса, содержащие многочисленные скиалиты гнейсов и кристаллических сланцев джигдалинской свиты архея. В юго-западной части Бамского рудного поля Чубачинский массив прорван гипабиссальными интрузиями и субвулканическими образованиями раннего мела. Рудные тела структурно приурочены к кулисно-построенной системе разрывов, развитой в лежачем боку ориентированного субширотно бамского сброса (рис. 4). Зона сброса состоит из серии параллельных, сочленяющихся и расходящихся разрывов в полосе шириной до нескольких сотен метров, прослеженной по простиранию на 4 км. Простирание разрывов в центральной части месторождения субширотное (азимут падения 150–220°). На западном и восточном флангах зоны они изгибаются к югу, вследствие чего зона приобретает форму дуги. Углы падения меняются в различных частях зоны и у отдельных ее ветвей. Они колеблются от 20 до 80° (в среднем 30–40°), отражая волнистые перегибы плоскости сместителя сброса.

Рудовмещающая структура месторождения представлена системой трещин северо-восточного, субмеридионального и субширотного простирания, приуроченной к лежачему боку рудоэкранирующего бамского сброса в пластине дислоцированных и гидротермально-измененных пород мощностью до 300 м. Пластина занимает подэкранную позицию. В изученной части месторождения она прослежена почти на 4 км вдоль Бамского разлома. Там выявлено 14 основных рудных тел, контуры которых определяются по данным опробования. В ряде случаев они совпадают с карбонатно-кварцевыми жилами, но чаще рудными телами являются зоны прожилкового окварцевания и минерализованные линейные зоны динамометаморфизма, в которых кварцево-жильный материал составляет лишь часть общего объема минерализованных пород.

Морфологически рудные тела представляют собой удлиненные ленто- и линзообразные зоны жил и прожилков, осложненные флексурными изгибами по простиранию и падению. Как правило, они характеризуются значительными изменениями мощности от долей до 3 м, а на отдельных

Рис. 4. Структурная схема Бамского месторождения [7]

1 – гранито-гнейсы докембрия; *2* – кварцевые сиенит-порфиры невачанского комплекса раннего мела; *3* – дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров раннего мела; *4* – рудные тела и их номера; *5* – плоскости сместителей зоны бамского сброса; *6* – радиальный разлом; *7* – направление склонения осей синформных перегибов плоскости бамского сброса

участках до 10–11 м. Средняя мощность рудных тел около 1,5–2,5, иногда 3–5 м. Характер распределения в рудных телах промышленных концентраций золота определяется сложным сочетанием прожилкового окварцевания и жил, насыщенностью ими минерализованного пространства. Объем окварцованных пород обычно заметно превышает параметры рудных тел. Часто рудное тело сложено отдельными разобщенными кулисными жилами и зонками прожилкового окварцевания среди гидротермально-измененных пород. Это приводит к появлению и чередованию в рудном теле участков с разной продуктивностью (рис. 5).

Околорудные метасоматиты детально изучались И. П. Щербанем (И. П. Щербань, 1995). Им выделены метасоматиты трех формаций: листвениты-березиты, гумбеиты и аргиллизиты при наиболее широко развитых процессах березитизации вмещающих оруденение пород. Ранней по времени образования и высокотемпературной является формация гумбеитов. Процесс гумбеитизации ограниченно развит по одной из вмещающих оруденение пород – гранитам. Гумбеиты образуют неширокие (до первых десятков сантиметров) околорудные зоны. Установлена следующая схема зональности: неизмененный гранит → зона серицитизации → зона калишпатизации. При этом происходил вынос Al, привнос K, Fe и CO_2.

Процесс лиственитизации-березитизации захватывает как граниты, так и метаморфические образования (гнейсы, амфиболиты). Мощность зон изменяется от нескольких сантиметров до 1–10 м, редко больше. Метасоматическая колонка изменений по гранитам и гнейсам состоит из следующих

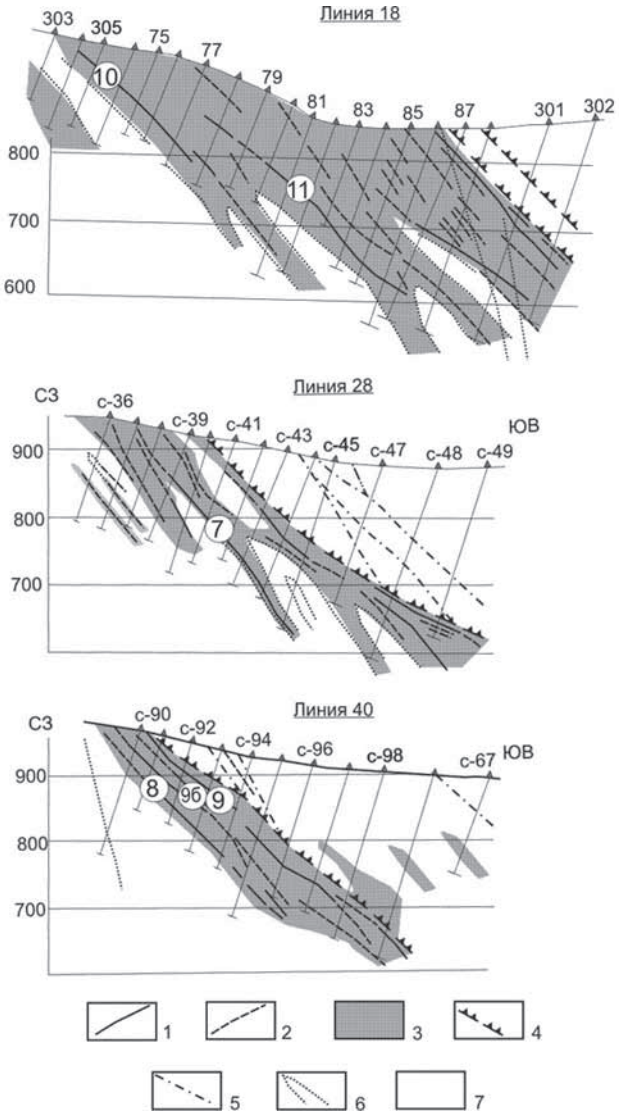


Рис. 5. Геологические разрезы рудных тел

1, 2 – рудные тела (*1* – промышленные, *2* – забалансовые); *3* – метасоматиты; *4* – плоскость сместителя бамского сброса; *5* – прочие разломы; *6* – дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров; *7* – гранито-гнейсы

зон: неизмененный гранит (гнейс) → зона серицитизации → зона карбонатизации → зона окварцевания. В процессе лиственитизации-березитизации возрастает роль Ca, K, SiO_2 и CO_2 при уменьшении Na, Mg, Fe и Al.

Аргиллизиты распространены ограниченно и не всегда ярко и полно проявлены. Они образуют зоны мощностью от 0,1–0,2 до 1–5 м. Зоны аргиллизации выполнены рыхлыми глинистыми минералами с обильной (до 10 %) вкрапленностью тонких кристаллов пирита. Типичная метасоматическая колонка имеет следующее строение: неизмененный гранит → зона хлоритизации → зона серицитизации → зона устойчивости глинистых минералов. Сопоставление химических анализов показывает, что в процессе аргиллизации выносятся основные компоненты, кроме SiO_2 и CO_2.

Руды месторождения от мало- до умеренно-сульфидных. Они имеют массивную, прожилковую, прожилково-вкрапленную или брекчиевую текстуру. В составе нерудных компонентов преобладают кварц 65–80, серицит 5–15, карбонаты 2–10 %, присутствуют небольшие количества барита и флюорита. Сульфидов обычно не выше 1–5, но иногда 5–10 % и более. Среди рудных минералов широко развиты пирит, халькопирит, галенит и золото, реже встречаются блеклая руда, сфалерит, шеелит, гессит, матильдит, акантит, петцит, алтаит, гессит, пираргирит, полибазит, буланжерит, антимонит, айкинит, пирротин, молибденит и киноварь. Золото-серебряное отношение в рудах 1:3.

К предрудному этапу отнесена стадия березитизации. Рудный этап включает в себя золото-сульфидную и золото-сульфидно-кварцевую стадии. С первой связаны золотоносные сульфиды, образующие вкрапленность в березитах. Золото-сульфидно-кварцевая стадия разделена на две подстадии: золото-кварц-полисульфидную и золото-серебро-теллуридную. Золото-кварц-полисульфидная наиболее продуктивна на золото. Золото-серебро-теллуридная завершает рудный процесс, отложение ее минералов происходило в низкотемпературных условиях. Обе подстадии тесно связаны, минералы их обычно телескопированы в единых рудных телах. К пострудным отнесены кальцитовые прожилки.

Золото тонкое и дисперсное. В протолочках отмечаются выделения от пылевидных до 0,8 0,65, обычно 0,15–0,4 мм. Проба от 629 до 961, средняя 782–869 ‰. Форма золотин интерстиционная, в виде комочков, дендритов, пластинок, реже проволочек. Нередко наблюдаются срастания золота с халькопиритом и галенитом. Иногда золото и гессит выполняют трещинки в кристаллах раннего пирита, при этом золото образует прожилки в гессите (рис. 6). Но чаще всего золотинки микронных размеров рассеяны в серицит-кварцевой матрице. В зоне окисления поверхность золота часто покрыта гидроксидами железа.

Геохимический спектр рудных тел представлен следующим рядом элементов: Au-Ag-W-Cu-Bi-Mo-Pb-Mn, ранжированных по уменьшению коэффициента концентрации. Эпизодически в рудах отмечается повышенное содержание сурьмы. Большинство перечисленных элементов характеризуется крайне неравномерным распределением, их вариации достигают 100–200 % и более, что типично для зон интенсивного перераспределения вещества [3].

По относительному накоплению элементов в разных сечениях рудных тел месторождения установлен следующий ряд горизонтальной зональности: W-Mo, Pb, Bi-(As)-Sb-Cu, Ag. Этот ряд отражает смену по латерали с запада на восток относительно высокотемпературной золотовольфрамовой минерализации золотосульфидной и затем относительно более низкотемпературной золотосульфосольной, а также свидетельствует об уменьшении уровня эрозионного среза месторождения с запада на восток.

В приповерхностных частях месторождения происходит относительное накопление висмута, серебра, марганца, цинка и особенно интенсивно сурьмы. Золото-серебряное отношение с глубиной перманентно возрастает, что свидетельствует об относительном накоплении серебра на верхнем горизонте месторождения. Наоборот, содержание молибдена с глубиной увеличивается. Своеобразно ведут себя вольфрам, свинец и медь. Первые два элемента имеют отчетливые максимумы концентрации на верхнем и нижнем горизонтах месторождения, а медь на среднем. Таким образом, в разрезе месторождения элементы располагаются в следующем порядке (снизу вверх): (W_1, Pb_1, Mo)-Cu-(Ag, Bi, Sb, Mn, W_2, Pb_2). Два уровня относительного накопления вольфрама, вероятно, свидетельствуют о полистадийности образования шеелита, а свинца – о возможной смене минеральной формы этого элемента (галенит – зандбергит, айкинит).

Детально изучена вертикальная зональность рудного тела 7, не выходящего на поверхность. Скважинами пересечены как собственно рудное тело, так и его надрудный и подрудный ореолы. Обработка анализов геохимических проб проведена по стандартной методике. Получен следующий ряд вертикальной зональности (снизу вверх): Mo-(Au, Ag, W, Pb, Cu, Zn, Bi, Ni, Co)-(Mn, Ba). Он свидетельствует об относительном накоплении в надрудной части марганца и бария, а в подрудной молибдена. Определение градиентов накопления элементов позволило сформировать окончательный ряд осевой зональности рудного тела в следующем виде: Mo-Pb-Cu-Ni-W-Au-Co-Bi-Ag-Zn-Ba-Mn. Для оценки уровня эрозионного среза золотого оруденения могут быть использованы следующие коэффициенты зональности: AgMnBa/Mo^3 и AgMn/MoPb.

Формирование руд месторождения связано со становлением и развитием Бамского вулканоплутонического поднятия. Парагенетическая связь

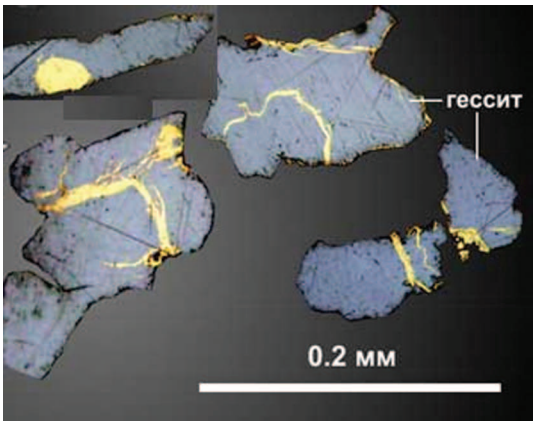


Рис. 6. Прожилки золота в гессите (аншлиф). Фото В. К. Белова

золото-серебряного оруденения с субвулканическим интрузивным комплексом отчетливо просматривается и определяется тем, что рудоносная зона Бамского месторождения находится в надинтрузивной зоне Невачанского плутона раннемелового возраста. Оруденение отчетливо моложе интрузии сиенит-порфиров, поскольку золотоносные кварцевые жилы и зоны березитизации, аналогичные рудоносным, обнаружены в пределах этой интрузии западнее месторождения. В то же время более поздние дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров раннего мела пересекают рудные тела 1, 2, 5, 10 и 10а Бамского месторождения, определяя верхнюю возрастную границу оруденения. Положение золото-серебряного оруденения в возрастной вилке интрузивного и дайкового раннемеловых комплексов однозначно определяет его возраст.

Изотопно-геохронологическое изучение мономинеральных проб мусковита, кальцита и флюорита из руд Бамского месторождения и рудопроявления Дес проведено Rb-Sr-методом в отделе изотопной геологии ВСЕГЕИ. Определение содержания рубидия и стронция, а также изотопного состава стронция выполнялось на приборе МИ-1201Т. Изотопный возраст мусковита из руд Бамского месторождения оказался равным 130,6 млн лет [7].

Запасы месторождения по категориям $C_1 + C_2$ на 1.01.1998 – 73 т золота и 211,7 т серебра. По суммарным запасам и прогнозным ресурсам месторождение перешло в разряд крупных. В 2000–2001 гг. велась пробная эксплуатация месторождения методом кучного выщелачивания, добыто 514 кг золота.

Кировское месторождение расположено в северо-западной части Соловьевского рудно-россыпного узла Янканской металлогенической зоны, в истоках р. Джалинда. В геоструктурном плане оно приурочено к эндо- и экзоконтакту Джалиндинской интрузии гранитов и гранодиоритов верхнеамурского раннемелового комплекса, внедренной в терригенные толщи Стрелкинской приразломной впадины (рис. 7).

Месторождение открыто в 1884 г. Верхне-Амурской золотопромышленной компанией. В 1930–1931 гг. вновь произведена разведка, после чего началась добыча золота Соловьевским приисковым

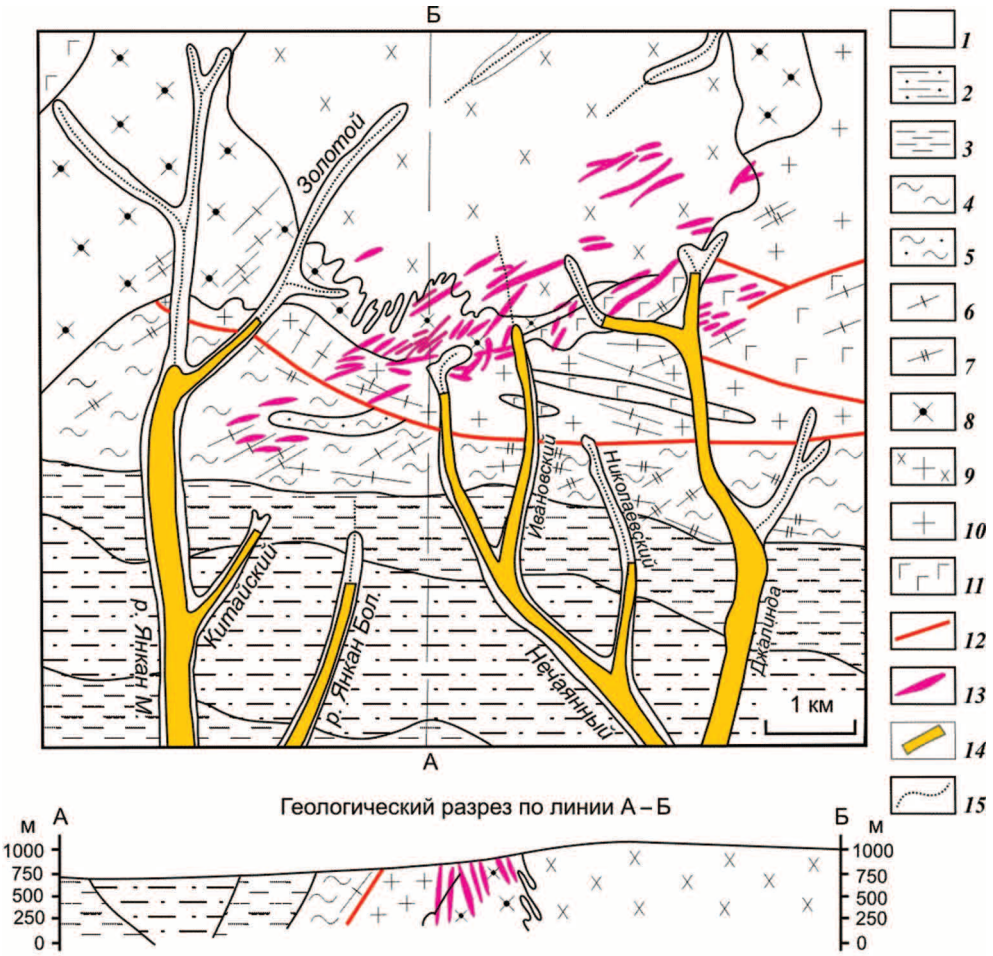


Рис. 7. Кировское золоторудное месторождение, по [5]

1 – аллювиальные пески, галечники, гравий голоцена; *2, 3* – стрелкинская толща (*2* – верхняя пачка, конгломераты и гравелиты с прослоями песчаников и алевролитов, *3* – нижняя пачка, песчаники с прослоями углистых алевролитов); *4, 5* – долохитская толща (*4* – верхняя пачка, песчаники и алевролиты с прослоями туфогенных конгломератов, гравелитов и туфов риодацитов, *5* – нижняя пачка, песчаники и углистые алевролиты); *6, 7* – дайки нижнего мела (*6* – диоритовые порфириты, *7* – гранодиорит-порфиры); *8, 9* – верхнеамурский комплекс нижнего мела (*8* – гранодиориты, *9* – кварцевые монцониты и кварцевые диориты); *10* – граниты и гранодиориты верхнего архея; *11* – габбро, габбро-анортозиты, анортозиты нижнего архея; *12* – разломы; *13* – золоторудные жилы; *14* – россыпи золота; *15* – водотоки

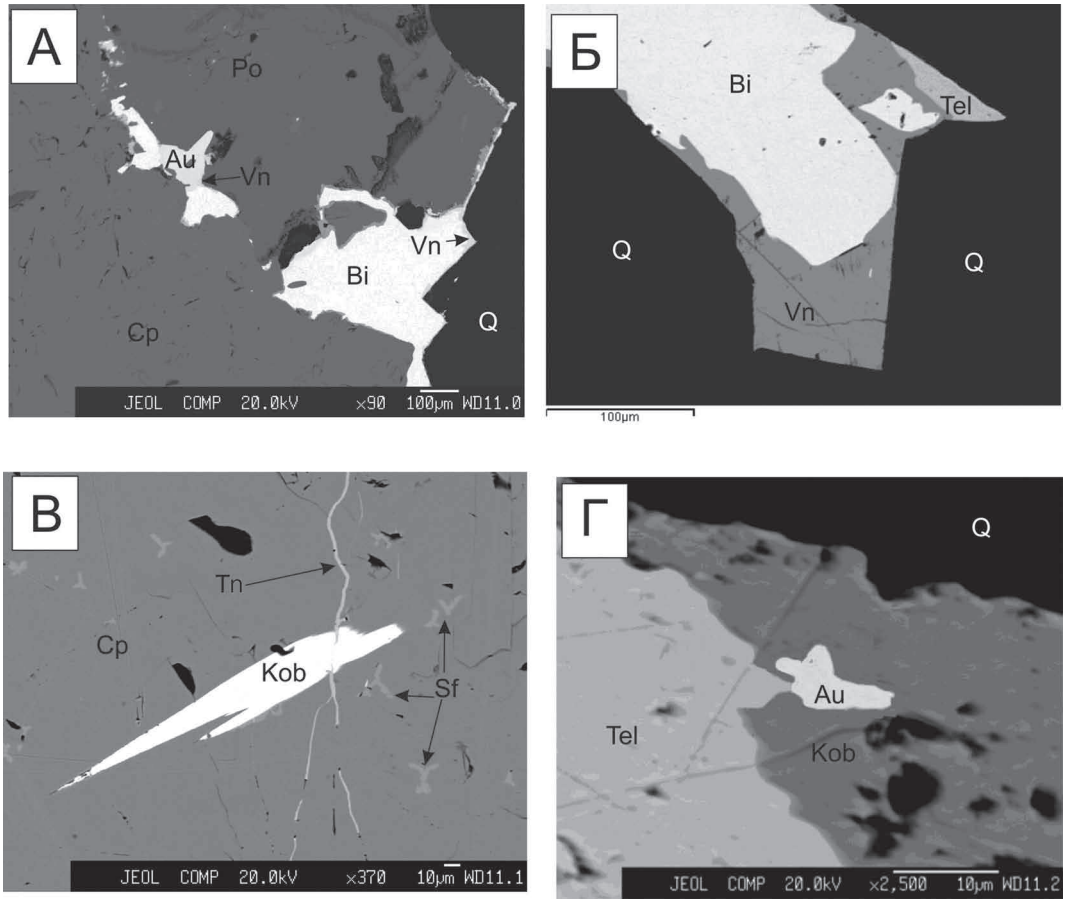


Рис. 8. Характерные взаимоотношения минералов в рудах Кировского месторождения. Снимки в отраженных электронах (фото В. И. Гвоздева)

А – шеелит-кварцевые жилы, вкрапленники висмутовых минералов и самородного золота по границе зерен пирротина и халькопирита, вокруг висмутовых минералов каёмки с глаукодотом и ульманитом; *Б* – шеелит-кварцевые жилы, срастания самородного висмута с висмутином и Se-содержащим сульфотеллуридом выполняют интерстиции зёрен кварца; *В* – халькопирит-кварц-карбонатные жилы. Халькопирит со звездчатой вкрапленностью сфалерита и микропрожилком теннантитового состава, который пересекается пластинкой кобеллита; *Г* – халькопирит-кварц-карбонатные жилы, срастания кобеллита с тетрадимитом и самородным золотом.

Po – пирротин, Sf – сфалерит, Kob – кобеллит, Tel – сульфотеллурид, Tn – теннантит, Bi – самородный висмут, Vn – висмутин, Au – самородное золото, Q – кварц

управлением треста «Амурзолото». С 1934 по 1961 г. добыто около 9,4 т золота при среднем его содержании в руде 8,5 г/т.

Оруденение представлено золотоносными кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами, приуроченными к южным эндо- и экзоконтактам Джалиндинской гранитоидной интрузии верхнеамурского комплекса раннего мела. Большинством исследователей формирование Кировского месторождения генетически связывается с внедрением этой интрузии. Но рудоносной системой служит пучок даек диоритовых порфиритов и гранодиорит-порфиров раннего мела и парагенетически связанных с ними золотоносных кварцевых и сульфидно-кварцевых жил субширотного и северо-восточного направлений. Эпицентр даек и рудных тел находится в истоках руч. Правая Джалинда, на южной окраине Джалиндинского массива.

На месторождении известно, по разным источникам, от 310 до 500 золоторудных жил, из которых разведана 71 и эксплуатировалась на золото 31 жила (А. В. Зуев и др., 1996). Наиболее богатые рудные тела располагаются на пересечении разломов северо-восточной и субширотной ориентировки. Выделяются два типа рудных тел: золото-сульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны субширотного простирания и малосульфидные золото-кварцевые жилы северо-восточной ориентировки. Золото-сульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны располагаются преимущественно в южной части месторождения. Они сложены кварцем, карбонатами, серицитом и сульфидами, количество последних нередко достигает 10–15 %. Среди них преобладают сфалерит, галенит и халькопирит. Золото мелкое и тонкое. Проба его 850–864 ‰. Околорудные изменения представлены березитизацией и аргиллизацией.

Во вторую группу входят основные рудные тела – протяженные (400–650 м), прослеженные на глубину до 350 м кварцевые жилы мощностью от 0,1–0,3 до 3–4 м. Околорудные изменения представлены березитизацией. Из жильных минералов преобладают кварц, менее развиты карбонаты, полевой шпат и серицит. Среди рудных минералов, количество которых не превышает 3–5 %, преобладают пирит, арсенопирит, висмутин, халькопирит и золото. Реже встречаются сфалерит, галенит,

блеклые руды, магнетит, буланжерит, молибденит, шеелит и самородный висмут. Золото свободное, крупных размеров, нередко встречаются самородки до 10–15 г. Проба его высокая (924–953 ‰).

Выявлена трехстадийная модель последовательности формирования золотосодержащих минеральных ассоциаций в рудах Кировского месторождения. В первую стадию отлагались шеелит-сульфидно-кварцевые руды, среди них выделены молибденит-шеелит-кварцевая и шеелит-халькопирит-кварцевая ассоциации. Во вторую стадию формировались сульфидно-кварцевые руды, представленные пирит-арсенопирит-кварцевой, халькопирит-карбонатно-кварцевой и золото-висмутин-кварцевой ассоциациями. В третью стадию образовались жилы и микропрожилки с Cu-Ni и Sb-Co минерализацией, пространственно ассоциирующие с дайками долеритов. Они представлены пентландит-халькопирит-кварцевой и арсенопирит-глаукодот-кварцевой ассоциациями. Взаимоотношения отдельных минералов показаны на рис. 8.

Самородное золото на Кировском месторождении представлено тремя генерациями. Первая, высокопробная генерация самородного золота (проба более 900 ‰), наиболее распространена в рудах месторождения и пространственно ассоциирует с ранней висмут-теллуридной минерализацией. Вторая генерация золота (проба от 750 до 850 ‰) ассоциирует с халькопирит-блеклорудной минерализацией. Третья низкопробная (менее 700 ‰) генерация самородного золота установлена только в рудах, где проявлена сложная многометалльная Co-Ni-Cu-Ag-Sb минерализация [2].

Месторождение отнесено к золото-висмутовому жильному типу золото-сульфидно-кварцевой формации. Наличие на месторождении сотен золоторудных жил с крупным золотом – важный фактор россыпеобразования.

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb/Sr методом по рудосопровождающим минералам (серицит, кальцит) продуктивных стадий минерализации в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на масс-спектрометре МИ-1201Т. Образцы для исследования отобраны по жилам № 232, Немецкая и Толстая. Параметры изохрон вычислены по программе ИЗОПЛОТ. Изохроны укладываются в интервале 131–126 млн лет. Средний их возраст 128,3 млн лет, что отвечает готеривскому ярусу раннего мела [6]. Этот возраст практически совпадает с изотопным возрастом пород Джалиндинского гранитного интрузива, определенным U-Pb методом по цирконам в 125,44 ± 0,69 млн лет [1].

На 1.01.2009 учтены запасы золота Кировского месторождения категорий C_1 – 409 и C_2 – 2323 кг, забалансовые запасы 821 кг. Прогнозные ресурсы золота кат. P_1 составляют 10 т при среднем содержании 7 г/т. В настоящее время завершается дооценка месторождения, которая, очевидно, уточнит прогнозные ресурсы объекта (Л. В. Савенко, 2011).

Обсуждение результатов. В Приамурской провинции только два месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации Пионер и Бамское являются крупными по запасам золота. В основном за счет эксплуатации месторождения Пионер Амурская область в последние годы вышла на второе место в России по добыче золота. Месторождения этой формации тяготеют к гранитным массивам мезозойского, чаще всего раннемелового возраста, располагаясь в их эндо- и экзоконтактах, иногда над невскрытыми плутонами. Геологический и изотопный возраст золотого оруденения раннемеловой.

Золото-сульфидно-кварцевые месторождения отличают в первую очередь мощные и протяженные рудные тела, представленные зонами жильно-прожилкового и метасоматического окварцевания, реже сульфидно-кварцевыми жилами с рядовыми и бедными содержаниями золота. Это позволяет применять высокотехнологичные методы отработки месторождений. Рудные тела сопровождают зоны березитизации, реже аргиллизации. Руды содержат умеренное количество сульфидов (5–20 %), представленных главным образом пиритом и арсенопиритом. Золото находится как в свободной форме, так и в связанном в сульфидах. Взаимоотношения свободного и связанного золота колеблются в значительных пределах, определяя технологию обогащения руд. Важное промышленное значение приобретают зоны окисления с преимущественно свободным золотом. Эксплуатация первичных руд на некоторых месторождениях (Пионер, Бамское) затруднена в связи со сложной схемой извлечения связанного золота.

Заключение. Исследование наиболее крупных месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации показало их основные особенности, которые следует учитывать при геологоразведочных работах. Они заключаются в приуроченности к краевым частям крупных гранитных массивов, раннемеловом возрасте оруденения, золото-сульфидно-кварцевом составе руд со свободным и частично связанным в сульфидах золотом. Этот тип оруденения – один из наиболее перспективных в Приамурской провинции и может служить основой золотодобывающей промышленности.

1. *Вах А.С., Авченко О.В., Горячев Н.А.* Новые изотопные данные о возрасте метаморфических и магматических пород восточной оконечности Селенгино-Станового орогенного пояса // Докл. РАН. – 2013. – Т. 450. № 4. – С. 432–439.

2. *Гвоздев В.И., Горячев Н.А., Вах А.С.* и др. Минеральный состав и типоморфные особенности минералов золоторудных жил Кировского месторождения // Тихоокеанская геология. 2013. – Т. 7., № 6. – С. 403–415.

3. *Данилов А.А.* Геохимическая зональность Бамского месторождения // Геология и минеральные ресурсы Амурской области. – Благовещенск: Амургеолком, 1995. – С. 51–53.

4. Золоторудные месторождения России / ред. М.М. Константинов. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.

5. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск, 2000. – 168 с.

6. *Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Шергина Ю.П.* Возраст формирования Кировского золоторудного месторождения // Докл. РАН. 1999. Т. 369. № 3. – С. 354–356.

7. *Степанов В.А., Стриха В.Е., Черемисин А.А.* и др. Бамское золоторудное месторождение. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 209 с.

8. *Степанов В.А., Мельников А.В.* Золоторудные формации месторождений Приамурской провинции // Известия вузов. Геология и разведка. 2016. № 4. – С. 43–49.

1. Vah A.S., Avchenko O.V., Goryachev N.A. New isotope data on the age of the metamorphic and igneous rocks of the eastern tip of the Selenga-Stanovoy orogenic belt. *Dokl. RAS.* 2013. Vol. 450. No 4, pp. 432–439. (In Russian).

2. Gvozdev V.I., Goryachev N.A., Vah A.S. i dr. Mineral composition and characteristics of gold minerals typomorphic lived Kirov deposit. *Tihookeanskaya geologiya*. 2013. Vol. 7. No 6, pp. 403–415. (In Russian).

3. Danilov A.A. Geochemical zoning Bamskoye deposit. *Geology and mineral resources of the Amur Region*. Blagoveshchensk: Amurgeolkom. 1995. Pp. 51–53. (In Russian).

4. Zolotorudnye mestorozhdeniya Rossii [Gold deposits Russia]. Ed. by M.M. Konstantinov. Moscow: Akvarel'. 2010. 349 p.

5. Mineral'no-syr'evaya baza Amurskoy oblasti na rubezhe vekov [Mineral resources of the Amur region on the turn of the century]. Blagoveshchensk. 2000. 168 p.

6. Moiseenko V.G., Stepanov V.A., Shergina Yu.P. Age forming Kirov gold deposit. *Dokl. RAS*. 1999. Vol. 369. No 3, pp. 354–356. (In Russian).

7. Stepanov V.A., Striha V.E., Cheremisin A.A. i dr. Bamskoe zolotorudnoe mestorozhdenie [Bamskoye gold deposit]. Vladivostok: Dal'nauka. 1998. 209 p.

8. Stepanov V.A., Mel'nikov A.V. Gold ore deposits formation Amur province. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2016. No 4, pp. 43–49. (In Russian).

Степанов Виталий Алексеевич – доктор геол.-минер. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН. Северо-Восточное шоссе, 30, г. Петропавловск-Камчатский, а/я 56, 683002, Россия. <vitstepanov@yandex.ru>

Мельников Антон Владимирович – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт геологии и природопользования ДВО РАН. Пер. Релочный, д. 1, г. Благовещенск, 675000, Россия. <anton_melnikov@mail.ru>

Stepanov Vitaly Alekseevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher, Research Geotechnological Center FEB RAS. 30 Severo-Vostochnoye shosse, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002, Russia. <vitstepanov@yandex.ru>

Melnikov Anton Vladimirovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Institute of Geology and Nature Management FEB RAS. 1 Per. Relochnyy, Blagoveshensk, 675000, Russia. <anton_melnikov@mail.ru>