

УДК 549.283 (575.2) (04)

## ТИПОМОРФИЗМ ЗОЛОТА НА КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

*Н.Н. Малюкова* – канд. геол.-минер. наук,

*Н.Т. Пак* – канд. геол.-минер. наук

Институт геологии НАН КР

Выделены генерации золота на крупных золоторудных месторождениях Кыргызстана, изучены различные типоморфные свойства самородного золота – морфология, размеры, пробность, элементы-примеси, минеральные парагенезисы и т.д.

Сложность геологического строения территории Кыргызстана (Тянь-Шань) обусловила большое разнообразие геолого-промышленных типов золоторудных месторождений. Крупные месторождения золота Кыргызстана относятся к различным типам, имеющим свои геологические особенности. Кумтор – месторождение в черных сланцах с запасами золота до 1000 т, Макмал – золото-скарновое месторождение (70 т), Джеруй – золото-кварцевое месторождение в гранитоидах (100 т), Талды-Булак Левобережный – золото-порфировое месторождение (100 т).

### **Месторождение Макмал**

Месторождение сформировано на контакте пермской гранитоидной интрузии и кремнисто-карбонатных пород визейского яруса. При внедрении интрузии были сформированы скарны различного состава, богатые золотоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты по скарнам и гранитам, затем грейзены и березиты в гранитах и окварцованные породы в скарнах и карбонатных породах. В завершающую стадию формируются рудные и безрудные кварцевые жилы [1]. Золотая минерализация сопровождается вкрапленным и прожилково-вкрапленным сульфидным оруденением. Количество сульфидов составляет 2–4%. Преобладающая часть сульфидов представлена пиритом, остальная – халькопиритом, пирротинном, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, молибденитом и др.

Оруденение представлено самородным золотом двух генераций. Золото первой генерации связано с кварц-полевошпатовыми метасоматитами и в меньшей мере – с березитами и окварцованными породами. Золото находится

в ассоциации с кварцем, хлоритом, пиритом, пирротинном. Вторая генерация связана с низкотемпературными кварцевыми жилами мощностью до 10 см в гранитах, прожилками кварца в кварц-полевошпатовых метасоматитах, березитах и скарнах.

Размеры золотин колеблются от 0,001 до 1–2 мм. В березитах почти не встречаются зерна золота крупнее 0,2–0,3 мм, тогда как в кварц-полевошпатовых метасоматитах наряду с микроскопическими выделениями (0,001 мм) можно встретить единичные зерна размером до 1 мм. В кварцевых жилах и микропрожилках встречаются золотины от десятых долей миллиметров до 1–2 мм.

Преобладающая масса золотин имеет светло-желтую и золотисто-желтую окраску. Редко встречаются желтые золотины с оранжевым или зеленоватым оттенком. Окраска золотин однородная, равномерная, какой-либо зональности не наблюдается.

По форме выделяются золотины изометричные, слегка удлинённые, иногда пластинчатые. В основном они находятся в виде отдельных выделений в интерстициях кварца и других минералов, редко образуют короткие дендровидные сростки. Выделения золота имеют ксеноморфные комковидные очертания, иногда встречаются гемидиоморфные и идиоморфные кристаллы октаэдрического габитуса. Для березитов больше характерны изометричные золотины, для кварц-полевошпатовых метасоматитов – изометричные и удлинённые, а для кварцевых жил – изометричные и пластинчатые. Часть золота находится в виде микроскопических включений в

пирите, пирротине и других сульфидах, иногда, находясь среди нерудных минералов, золото тяготеет к контакту с пиритом.

Самородное золото анализировалось рентгеноспектральным методом на микрозонде “Камебакс-Микро”. Установлено, что все исследованные золотины характеризуются высокой и весьма высокой пробностью (табл. 1).

Высокопробное золото на месторождении установлено впервые. Среди элементов-примесей основным является серебро. Медь отмечается в единичных золотилах до 0,05%. Ртуть присутствует в небольших количествах (до 0,18%) в большинстве золотинок 1 генерации и во всех золотилах 2 генерации от 0,5 до 0,65%. Предыдущими исследователями атомно-адсорбционным анализом установлены содержания примесей в золотилах: меди – 0,001–0,008, свинца – 0,003–0,01, сурьмы – 0,003–0,01, висмута – 0,001–0,02%.

Изученные особенности самородного золота, закономерная связь его с формированием метасоматитов и кварцевых жил позволяют сделать вывод, что золото отлагалось в интервале температур, соответствующем формированию золота вмещающих пород 250–400°C. Основное оруденение представлено золотом 1 генерации, связанным с формированием околорудных метасоматитов. Преимущественное развитие в рудных телах тонкодисперсного золота, отсутствие крупных золотинов, вероятно, указывают на средний уровень эрозионного среза.

#### Месторождение

#### Талды-Булак Левобережный

В строении месторождения участвуют протерозойские породы куперлисайской свиты, сложенной амфиболитами, биотит-амфиболовыми,

хлорит-амфиболовыми сланцами, мигматитами, и тегерментинской свиты, представленной слюдистыми гнейсами, гранитогнейсами и метагранитами. Эти породы прорываются монцодиоритами и сиенит-порфирами девон-каменноугольного возраста. Месторождение относится к золото-порфировому типу и характеризуется развитием следующих метасоматитов: калишпатовые метасоматиты, березиты, листовиты, кварц-турмалиновые метасоматиты, аргиллизиты. Содержание сульфидов составляет 12–15%. Наиболее распространенный минерал – пирит, который является главным минералом-концентратом золота.

На месторождении выделяются следующие генерации золота.

*Золото I* встречается редко и представлено тонкодисперсными (пылевидными) вкраплениями в рудах и сопровождается сульфиды ранней ассоциации (в основном пирит, халькопирит, реже блеклые руды и кварц). Пылевидное золото образует раннюю продуктивную минеральную ассоциацию золото-пиритовую с блеклой рудой, золото-кварцевую. Здесь участвует тонкозернистый кварц, тесно срастающийся с золотом. В основном в ранней генерации золото имеет форму просечек, иногда изометричные выделения.

*Золото II* тонкодисперсное, реже визуально видимое, свойственное парагенетическим ассоциациям: золото-кварц-пиритовой, золото-кварцевой и золото-пирит-халькопиритовой. Наиболее развита золото-кварц-пиритовая ассоциация. Форма золотинов изометричная, каплевидная, пластинчатая, иногда образует микропрожилковые выделения.

*Золото III* образует выделения разных размеров от тонкодисперстного до 0,1 мм, очень

Таблица 1

Химический состав самородного золота, %

Вмещающая порода	Генерация золота	К-во проб	Au	Ag	Hg
Кварц-полевошпатовый метасоматит по граниту	I	17	<u>97,00-99,58</u> 98,79	<u>0,41-0,87</u> 0,72	<u>0-0,18</u> 0,09
Кварц-полевошпатовый метасоматит по скарну	I	12	<u>90,45-99,67</u> 95,87	<u>0,47-7,47</u> 3,56	<u>0-0,10</u> 0,03
Березит	I	15	<u>93,99-98,61</u> 96,37	<u>0,76-4,04</u> 3,36	<u>0-0,10</u> 0,04
Кварцевая жила	II	9	<u>88,73-91,53</u> 90,36	<u>6,94-8,61</u> 7,83	<u>0,50-0,65</u> 0,57

В числителе: минимальное – максимальное содержание; в знаменателе – среднее.

редко до 1–2 мм. Типоморфными ассоциациями здесь являются золото-кварцевая, золото-пирит-халькопиритовая, золото-кварц-карбонатная с халькопиритом, реже сфалеритом, галенитом. Золото выполняет пространства между зернами кварца, пирита и халькопирита, а также трещинки в пирите, замещенные халькопиритом. Местами появляются более крупные выделения золота в микротрещинках, в виде тонких пластин. Наиболее высокие концентрации золота приурочены к халькопиритовым жилам. Золото этой генерации имеет форму каплевидную, пластинчатую, нитевидную, а в халькопирите – чаще всего комковатую и изометричную.

В более поздних генерациях наблюдаются золотишки с хорошо образованными гранями. Это грани куба, октаэдра. Наряду с микрокристаллами встречаются довольно крупные (до 0,5 мм – реже до 2 мм) кристаллы золота.

Основными примесями являются серебро (5–20%) и медь (от десятых долей процента до 1–24%). Для более поздних генераций золота характерны примеси Pb, Zn, Bi, Se, Te, накопившиеся к конечным стадиям рудообразования. Пробность золота колеблется от 780 до 970 ед., в среднем пробность составляет 853,2 ед. Тонкодисперсное золото относительно более чистое и высокопробное.

Продуктивными ассоциациями золота являются пиритовая с самородным золотом, кварц-карбонат-пиритовая, кварц-карбонатная с сульфидами и кварц-пирит-халькопиритовая.

#### **Месторождение Джеруй**

Непосредственное участие в строении месторождения принимают породы ортоаусской свиты ( $R_2$ ), представленные кварцевослюдистыми гнейсами, мигматитами, известковистыми сланцами. Они прорываются кварцевыми диоритами и монцодиоритами ( $\delta C_3-O_1$ ) и серией разновозрастных даек различного состава. Рудные тела представляют собой штокверковые зоны, сложенные жилами и системами прожилков кварцевого, редко кварц-карбонатного состава. Вмещающими породами золотого оруденения являются, как правило, кварцевые диориты, кварцевые монцодиориты. Оруденение представлено самородным золотом в ассоциации с кварцевыми породами, которые сопровождалась околорудными березитами и кварц-калишпатовыми метасоматитами [2]. Содержание сульфидов составляет 1–2%. Единственным полезным компонентом является золото, которое образует несколько генераций. Описание типоморфных особенностей золота

дается по Г.В. Ломакиной [3] и некоторым нашим данным [4].

*Золото I* пространственно ассоциирует с минералами висмута и теллура – висмутином, тетрадимитом, жозеитом, креннеритом, калаверитом, теллуровисмутитом. Золото весьма тонкое (тысячные-сотые доли миллиметра) и сравнительно равномерно распределено в объеме рудных тел. По форме выделения и парагенезису выделяются две разновидности золота. Первая образует скопления и изолированные изометричные выделения в кварце. Она характеризуется высокой пробой – 965‰ (при колебании 914–1000‰). Вторая разновидность находится в сростании с рудными минералами в виде толстых табличек и тонких пластинок в тонкозернистых агрегатах, состоящих из смеси козеита, теллуровисмутита, цинкениита. Проба второй разновидности раннего золота варьирует от 843 до 962‰ (в среднем – 915‰), показывая самые низкие значения в тонкопроросших агрегатах сульфидов. Золото I характеризуется монокристаллической и монозернистой структурой, относительно равномерным распределением серебра в золотишках, невысоким отношением Au:Ag и отличается простым и устойчивым на разных глубинах первичным парагенезисом (тетрадимит, висмутин, жозеит).

*Золото II* входит в состав кварц-карбонат-халькопиритовой ассоциации, образуя сростания с халькопиритом, реже со сфалеритом, тетрадимитом и свободные выделения в кварце. Часто самородное золото наблюдалось в виде сростков с козалитом и кобеллитом. Размер золотинок, образующих сростки с сульфидами, – сотые-тысячные доли миллиметра, особенно мелкие включения встречаются в сфалерите и блеклой руде, золото в кварце обычно крупное – сотые-десятые доли миллиметра, единичные зерна достигают 1,5 мм. Форма мелких золотинок каплевидная, округлая, а более крупных – комковидная, интерстициальная, прожилковая, губчато- друзовидная. Проба золота II колеблется в широком интервале (от 680 до 980‰), имеет относительно высокое среднее значение (832‰).

*Золото III* ассоциирует с буланжеритом, джемсонитом, козалитом, а также образует мономинеральные выделения в кварце и карбонате. Ассоциация слабо развита в рудах. Золото мелкое с преобладающим размером 0,02–0,03 мм. Золотины чаще всего изометричные, комковидные с редкими гранями, иногда обломковидные остроугольные. Цвет золота изменяется от светло-желтого до желтого, среднее значение

пробы (по 30 определениям) 643‰ при колебании от 500 до 740‰ (табл. 2). Свойства золота III и сравнительно высокое содержание в нем ртути (0,24%) являются типоморфными признаками для месторождений формации малых глубин.

Таблица 2

Пробность самородного золота (‰)  
месторождения Джеруй [3]

Генерация золота	Кол-во проб	Минимальная	Максимальная	Средняя
I а	126	914	1000	965
I б	77	843	962	915
II	195	680	980	832
III	30	500	740	643

На нижнем горизонте значительным развитием, наряду с золотом I, пользуется золото II, на средних – чаще встречается золото III. Такое зональное распределение различных генераций золота в вертикальном разрезе рудного тела может быть использовано в качестве дополнительного признака для определения глубины эрозионного среза рудных тел.

#### Месторождение Кумтор

Основной рудовмещающей формацией являются углеродсодержащие породы с рассеянной пиритовой минерализацией и халькофильной специализацией. Золотая минерализация сформирована в связи с образованием различных метасоматических пород и сопровождается брекчированием. Главным рудным минералом во всех метасоматитах является пирит, его средние содержания составляют 12%. Он же является главным минералом-концентратором золота. Описание самородного золота приведено по данным [5] и по собственным исследованиям.

По данным минералогических и микроскопических исследований установлены следующие генерации золота:

*Самородное золото первой генерации* присутствует преимущественно в центральных частях раннего пирита. По микропарагенезисам оно находится в ассоциации с вольфрамитом, теллуридами никеля и висмута, интерметаллоидами серебра и самородным висмутом. Размеры золота – менее 0,03 мм (относится к пылевидному), очень широко распространено в рудных телах. Морфологически это преимущественно изометричные кристаллы, уплощенные, лепешковидные, палочковидной и кубической формы. Золото первой генерации самое высокопроб-

ное – 920–960 ед. (среднее содержание серебра около 5%).

*Золото второй генерации* чаще всего встречается во внешних зонах пирита в микропарагенезисе с широким спектром теллуридов золота и серебра, самородным серебром, самородным теллуrom. Самородное золото второй генерации: относится к часто встречаемому при минералогических наблюдениях из-за более крупных размеров, которые в среднем составляют 0,05–0,07 мм. Характерны изометричные кристаллы с преобладанием октаэдрических, но кроме того, наблюдаются и пластинчатые формы. Находится в ассоциации с альбитовыми метасоматитами и в микроассоциации с широким спектром теллуридов золота, серебра, самородным теллуrom и серебром. Золото второй генерации самое низкопробное – 600–700 ед. (среднее содержание серебра около 35%).

*Золото третьей генерации* встречается в виде прожилков и просечек в рудных и жильных минералах в микропарагенезисе с галенитом, сфалеритом, блеклыми рудами, шеелитом, теллуридами свинца и меди, селенидами. Самородное золото третьей генерации (размеры до 0,09 мм), морфологически сложное; развито как в виде идиоморфных, преимущественно ромбододекаэдрических кристаллов, так и многочисленных выделений неправильной формы, составляющих большинство кристаллов. Это удлиненные, трещинные, прожилковые и цементационные выделения. Золото находится в микропарагенезисе с теллуридами свинца и меди, селенидами, галенитом, сфалеритом, гематитом, блеклыми рудами, баритом. Самородное золото третьей генерации – средней пробы 780–820 ед. с содержанием серебра около 20%.

В самородном золоте определены элементы-примеси, которые разделены на главные – серебро и теллур и второстепенные – медь, цинк, свинец, висмут, сера и др. (0,00п–0,0п%). Теллур относится к числу типоморфных примесей, концентрирующихся от долей процента почти во всех изучаемых золотилах до десятков процентов в виде самостоятельных микровключений в форме теллуридов золота и серебра.

Визуальными определениями установлено 5 главных простых форм самородного золота: ромбододекаэдр {110} с частотой встречаемости 48%; октаэдр {111} – 28%; тетрагонтриоктаэдр {321} – 18% и редко встречаемые формы куба {100} и тетрагексаэдра {210}.

Таким образом, установлена тенденция укрупнения размеров самородного золота от ранних ге-

нераций к поздним, что связывается с процессами переотложения. Определено локальное развитие богатых гранями кристаллов золота, что является показателем неоднородных условий и последующей перегруппировки самородного золота.

На всех изученных месторождениях пробность золота понижается от ранних генераций к поздним. Уменьшение пробности в более поздних генерациях золота характерно для месторождений золота Узбекистана [6], Дальнего Востока [7] и др. регионов. По мнению Н.В. Петровской [8], появление более низкопробного золота поздней генерации обусловлено привнесом серебра растворами на завершающих стадиях гидротермальной деятельности. Данное обстоятельство подтверждается уменьшением золото-серебряного отношения в более низкотемпературных метасоматитах. В целом на месторождениях Макмал и Джеруй самородное золото находится в ассоциации с кварцем, а на месторождениях Кумтор и Талды-Булак Левобережный – с пиритом.

### *Литература*

1. *Пак Н.Т.* Формации рудоносных метасоматитов Чаарташских гор. – Бишкек: Илим, 1992. – 124 с.
2. *Пак Н.Т.* Околорудные метасоматиты на месторождении золота Джеруй // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. – Томск, 2005. – С. 155–160.
3. *Ломакина Г.В.* Типоморфные особенности самородного золота месторождения в каледонских гранитоидах Тянь-Шаня // Золотоносность Тянь-Шаня. – М., 1984. – С. 34–40.
4. *Малюкова Н.Н.* Типоморфизм пирита как критерий оценки золотого оруденения (на примере месторождения Талды-Булак Левобережный // Геология и горно-технические процессы. – Бишкек, 1999. – С. 57–62.
5. *Аникин С.И.* Геология и минералогическо-геохимические особенности золото-теллуридо-редкометального оруденения в углеродистых толщах: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. – Бишкек, 1991.–22 с.
6. Типоморфизм кварца, пирита и золота золоторудных месторождений Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1981. – 144 с.
7. *Моисеенко В.Г.* Геохимия и минералогия золоторудных районов Дальнего Востока. – М.: Наука, 1977. – 304 с.
8. *Петровская Н.В.* Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 348 с.