

*Изменения различных параметров и характеристик на крупных месторождениях золота происходят во временных интервалах. Часто эти изменения имеют тенденцию («тренд») или к увеличению или к уменьшению количественных характеристик от ранних стадий формирования месторождений к поздним. Приводятся тренды температуры образования, пробыности золота, изотопного состава, ТЭДС пирита, состава газовой фазы флюидных включений на крупных месторождениях золота Кыргызстана.*

*Changes of various parameters and characteristics at the large gold deposits occur in the time slots. Often, these changes tend to ("trend"), or an increase or a decrease in the quantitative characteristics from the early stages of formation of deposits to late. Description of trends of temperature, gold fineness, the isotopic composition, pyrite TEDF, the gas phase composition of fluid inclusions is given on the large gold deposits in Kyrgyzstan.*

Крупные месторождения золота характеризуются многостадийностью формирования. Стадийность проявляется временными интервалами, следующих друг за другом, в течение которых происходит однотипное геологическое событие. От стадии к стадии изменяются геологические параметры, характеристики и т.п. Эти изменения зачастую имеют направленный характер, или другими

словами имеют тенденцию к направленному изменению параметров и характеристик от ранних стадий формирования месторождений к поздним, т.е. имеют тренд. В данной статье под словом «тренд» понимается закономерность, характеризующая общую тенденцию в изменениях геологических параметров или характеристик во временных интервалах. Наглядность трендов хорошо видна на графиках,

приведенных ниже, где тренд иногда изображен в виде линии-стрелки, показывающей усредненную тенденцию изменения параметров.

Приведем некоторые тренды, наблюдаемые на крупных месторождениях золота различных типов: Кумтор – месторождение в черных сланцах с запасами золота до 1000 т., Макмал – золото-скарновое месторождение, Джеруй – золото-кварцевое месторождение в гранитоидах, Талды-Булак Левобережный – золото-порфирировое месторождение.

**Месторождение Кумтор** связано с пермской тектоно-магматической активизацией (Ивлева, Пак, 2014) и относится к суперкрупным месторождениям золота в черных сланцах. Оруденение локализуется в породах джетымтауской свиты (Vdz), сложенной алевритами, тиллоидами, углеродистыми кремнистыми сланцами, ритмитами карбонат-сланцевого и пирит-микрокварцитового состава. Рудные тела образуют штокерки и минерализованные зоны. Основной рудовмещающей формацией являются углеродсодержащие породы с рассеянной пиритовой минерализацией. Золотая минерализация сопровождается кварц-калишпатовыми, кварц-альбитовыми и кварц-карбонатными метасоматитами. Стадийность формирования оруденения выявленная С.И.Аникиным показана на рисунке 1. Главным рудным минералом во всех метасоматитах является пирит, его средние содержания составляют 12%. Он же является главным минералом-концентратором золота. Золото в рудах находится в самородном, тонкодисперсном виде и в форме теллуридов золота.

**Месторождение Макмал** относится к месторождениям золота в скарнах. Его формирование месторождения связано с пермской постколлизивной тектоно-магматической активизацией. Оруденение приурочено к южному контакту пермской Чаарташской гранитной интрузии. Вмещающие толщи (C<sub>1t-v</sub>) сложены известняками, реже доломитами с линзовидными выделениями кремней. При внедрении гранитов в приконтактовой зоне образовался последовательный ряд метасоматически измененных пород (Пак, 1992): скарны, кварц-полевошпатовые метасоматиты, развивающиеся скарнам, гранитам и дайкам плагиопорфиров, грейзены, березиты в гранитах и кварцевые метасоматиты в мраморах и скарнах. Метасоматоз сменяется отложением маломощных кварцевых и карбонатных прожилков. Оруденение представлено самородным золотом. Его формирование связано с образованием кварц-полевошпатовых метасоматитов, березитов и окварцованных пород. Золотая минерализация сопровождается вкрапленным и прожилково-вкрапленным сульфидным оруденением. Количество сульфидов составляет от 2 до 4 %. Преобладающая часть сульфидов представлена пиритом, остальная – халькопиритом,

пирротинном, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, молибденитом и др.

**Месторождение Джеруй.**

Непосредственное участие в строении месторождения принимают породы ортотауской свиты (R<sub>2.0t</sub>), представленные кварцево-слюдистыми гнейсами, мигматитами, известковистыми сланцами. Они прорываются кварцевыми диоритами и монцодиоритами (O<sub>1-2</sub>) и серий разновозрастных даек различного состава. Более 90 % запасов находится в пределах кварцевых диоритов и монцодиоритов. Отчасти оруденение распространяется в блоки или ксенолиты мигматитов, парагнейсов и сланцев ортотауской свиты. Рудные тела представляют собой штокверковые зоны. Процесс золотого рудоотложения связан с кварцевыми жилами и прожилками и сопровождался формированием кварц-калишпатовых метасоматитов и березитов. Последние являются наиболее широко распространенными. Березитизация затрагивает как интрузивные – кварцевые диориты, монцодиориты, так и вмещающие породы – гнейсы и др. Считается, что месторождение сформировалось в условиях активной континентальной окраины среднего палеозоя. Месторождение относится к золото-кварцевому убогосульфидному типу. Содержание сульфидов составляет 1-2 %. Ведущим компонентом является свободное золото.

**Месторождение Талды-Булак**

**Левобережный** сформировано в условиях активной континентальной окраины Казахского микроконтинента (Дженчураева и др., 2014). В его строении участвуют породы куперлисайской свиты (R<sub>2</sub>) сложенной амфиболитами, биотит-амфиболовыми, хлорит-амфиболовыми сланцами и мигматитами и тегерментинской свиты (PR<sub>2</sub>), представленные слюдистыми гнейсами, гранито-гнейсами и метагранитами. Эти породы прорываются интрузивными образованиями девон-каменноугольного возраста. Они образуют дайки, мелкие штоки и силлы и относятся к порфирировой фазе. В основном они представлены монцодиоритами и сиенит-порфирами.

Золотое оруденение сопровождается метасоматическими изменениями вмещающих пород. Дорудные изменения представляют собой калишпатизацию пород. В рудную стадию происходит березитизация интрузивных образований, сланцев, гнейсов, мигматитов и лиственитизация амфиболитов. Затем формируются кварц-турмалиновые метасоматиты, которые развиваются преимущественно в апикальных частях монцодиоритов и сиенит-порфиров. С ними связано формирование пирит-халькопиритовой минерализации. Далее формируются кварцевые кварц-турмалиновые прожилки с интенсивной сульфидной минерализацией. На верхних горизонтах по вулканогенным породам развиваются аргиллизиты. Заканчивается процесс отложением безрудных кварцевых и карбонатных прожилков.

В рудах месторождения Талды-Булак Левобережный содержание сульфидов составляет 12-15%. Наиболее распространенный минерал – пирит, который является главным минералом-концентратом золота.

Одним из самых обычных трендов является изменение температуры формирования от ранних стадий к поздним. Составленные разными авторами постадийные гистограммы температурных интервалов показывают тренд падения температур (рис. 1).



Рис. 1. Стадийность и тренды температур на месторождениях Макмал (Пак, 1992), Кумтор (Аникин, 1992), Талдыбулак Левобережный (Малокова, 2001).

Пробность золота. На месторождениях золота довольно часто наблюдается тренд изменения пробности золота (обычно уменьшение) от ранних генераций к поздним. Так на месторождении Макмал (рис. 2) пробность золота в кварц-полевошпатовых метасоматитах составляет 975,8 (29 проб), в березитах 963,7 (15 проб) и в кварцевых жилах 903,6 (9 проб).

На месторождении Джеруй выделено несколько генераций золота (Ломакина, 1984). Анализируя изменение пробности золота можно заметить четкий тренд (рис. 2) уменьшения пробности от ранних генераций к поздним (Пак, 2005а).

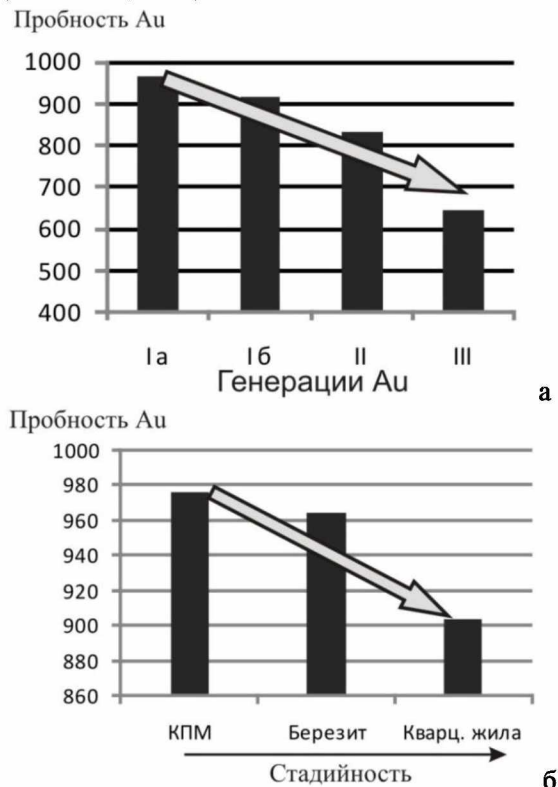


Рис. 2. Тренд изменения пробности самородного золота на месторождении Джеруй (а) и Макмал (б). КПМ – кварц-полевошпатовые метасоматиты.

Исследования термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) пиритов месторождения Макмал показывает тренд в сторону увеличения доли

отрицательных значений от пиритов ранних стадий (рис. 3).  
 стадии в скарнах до пиритов более поздних

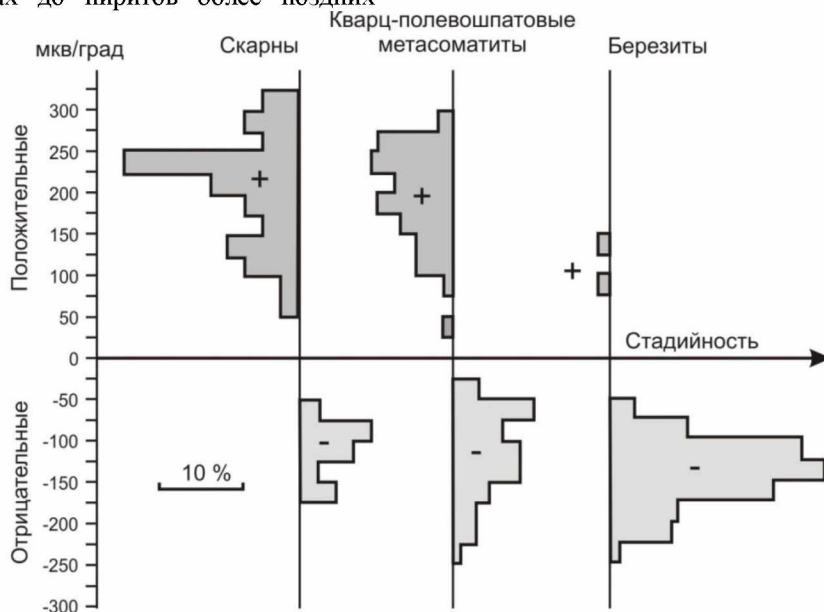


Рис. 3. Тренд изменения частоты встречаемости значений ТЭС пирита на месторождении Макмал

Изотопный состав серы сульфидов из различных стадий гидротермального процесса на

месторождении Макмал показывает тренд уменьшения значений (рис. 4).

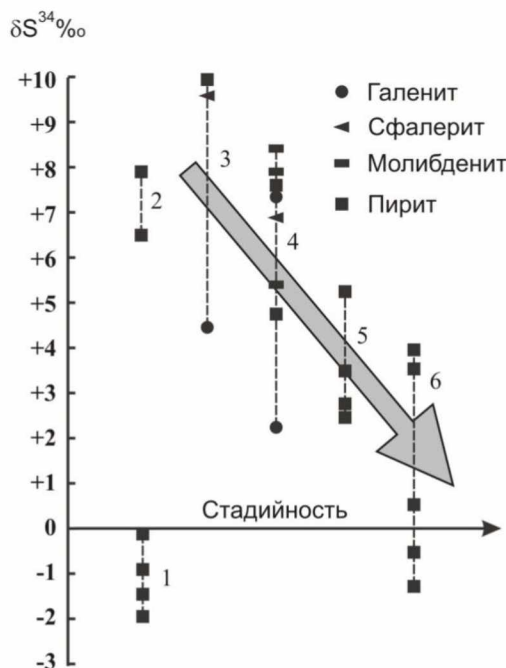


Рис. 4. Тренд изменения изотопного состава серы сульфидов гидротермального этапа (3-6) на месторождении Макмал. Вмещающие сульфиды породы: известняки и углисто-глинистые прослои (1), углисто-кремнистые прослои (2), массивные руды в скарнах (3), вкрапленные руды в скарнах (4), кварц-полевошпатовые метасоматиты и березиты (5), кварцевые метасоматиты (6)

Исследования газового состава флюидных включений из кварца различных стадий показывает четкий тренд уменьшения количества компонентов (рис. 5). Данный тренд говорит о

том, что по мере формирования месторождения происходит дегазация флюидных растворов, т.е. газовая разгрузка растворов.

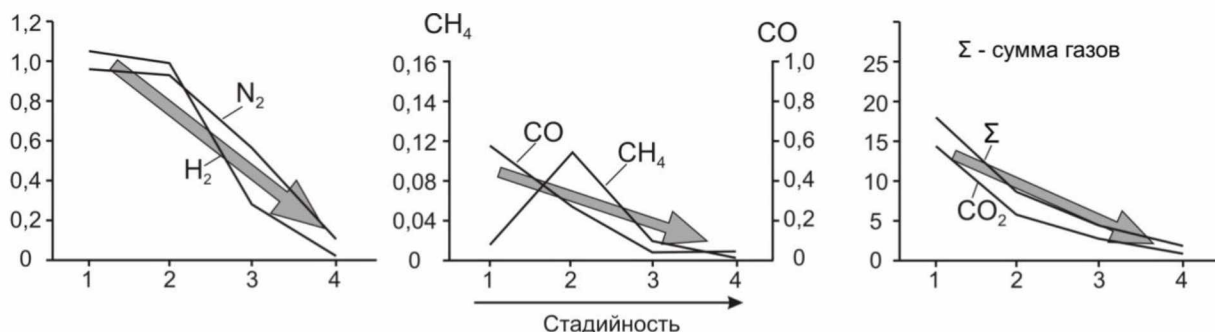


Рис. 5. Тренды изменения количества компонентов газовой фазы ( $n \times 10^{-3}$  мл/г) включений в кварце из кварц-полевошпатовых метасоматитов (1), березитов (2), золотоносных кварцевых жил (3), нерудных кварцевых жил (4).

Кроме трендов количественных характеристик на крупных месторождениях также наблюдается тренд качественных изменений. Так на месторождениях Кумтор, Макмал и Талды-Булак Левобережный от ранних стадий к поздним установлен идентичный эволюционный ряд форм пирита  $\{100\} \rightarrow \{100\} + \{210\} \rightarrow \{210\} \rightarrow \{210\} + \{111\} \rightarrow \{111\}$ , который коррелирует с эволюционным рядом метасоматитов (Пак, 2005б). Для рудной зоны характерны пентагондодекаэдры или их комбинации с кубом и реже с октаэдром.

Установленные тренды применяются для установления зональности, уровня эрозионного среза, построения моделей месторождений, для развития теории рудообразования, оценки перспектив и т.п. Градиент изменения параметров с глубиной позволяет устанавливать вертикальный размах оруденения. Так автором в 2005 г. было спрогнозировано, что вертикальный размах золотого оруденения на месторождения Кумтор составляет минимум 1200-1500 м от поверхности, что в дальнейшем было подтверждено буровыми работами.

#### Литература:

1. Аникин С.И. Геология и минералого-геохимические особенности золото-теллур-редкометалльного оруденения в углеродистых толщах: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин.наук. – Бишкек, 1992. 22 с.

2. Дженчурасва Р.Д., Пак Н.Т., Усманов И.А. Типы месторождений медно-золото-порфирирового пояса Северного Тянь-Шаня. М. 2013.

3. Ивлева Е.А., Пак Н.Т. Модель формирования суперкрупного месторождения золота Кумтор // Гигантские месторождения золота. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана / Материалы международного симпозиума. Алматы, 2014. С.107-110.

4. Ломакина Г.В. Типоморфные особенности самородного золота месторождения в каледонских гранитоидах Тянь-Шаня//Золотоносность Тянь-Шаня.-М., 1984.-С.34-40.

5. Малюкова Н.Н. Закономерности локализации и минералого-геохимические критерии оценки золотого оруденения Талдыбулакского рудного поля (Северный Тянь-Шань). Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин.наук. – Бишкек, 2001. 27 с.

6. Пак Н.Т. Формации рудоносных метасоматитов Чаарташских гор (м-е Макмал). Бишкек: Илим, 1992. 124 с.

7. Пак Н.Т. Околорудные метасоматиты на месторождении золота Джеруй// Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Томск: 2005а. С.155-160.

8. Пак Н.Т. Метасоматические ряды и эволюция форм пирита на золоторудных месторождениях Кыргызстана // Известия НАН Кырг. респ., №4, 2005б. С. 91-97.