

Ряды минералогической зональности гидротермальных золоторудных месторождений и рудопроявлений Восточной Якутии

А. В. Кокин

ЮРИ-Ф РАНХиГС, Ростов-на-Дону; alex@avkokin.ru

На основе минералогического картирования [1, 2] рудных узлов, рудных полей и отдельных месторождений, рудопроявлений и точек минерализации в масштабе 1:100000–1:10000 изучены пространственные (горизонтальные и вертикальные) ряды температурной и минералогической зональности относительно тепло- и массогенерирующих источников в породах верхоянского комплекса Восточной Якутии.

Элементами минералогического картирования выступали: собственно жильные и рудные минералы, минеральные ассоциации, пространственные количественные отношения минеральных видов, их ассоциаций в естественных коренных выходах, горных выработках.

В статье используется термин *тепломассоперенос*, понимаемый автором как наличие возмущающего теплового потока, по фронту которого осуществлялся перенос газов, гидротерм и металлов в различных их формах в геологическую среду по правилу регрессивной зональности [3]. Ввиду краткости сообщения не приводятся малораспространённые минералы в рядах зональности, а оруденение рас-

сматривается в рамках минеральных типов золоторудных месторождений [4, 5] а не рудных формаций.

Пространственные ряды обобщённой минералогической зональности золото-сульфотеллуридных месторождений, рудопроявлений и точек минерализации. Чаще пространственно месторождения и рудопроявления связаны с гранодиоритами ранне-поздне-мелового возраста (Дыбинский, Курумский массивы), с гранитами разного состава и возраста (Наганжинский, Тобандинский, Хороньский штоки). Все они локализуются среди кварц-мусковит-серицитовых роговиков и грейзенов в породах ранней, поздней перми, реже триаса. Основные типоморфные рудные минералы выстраиваются в ряд зональности снизу вверх, от ранних к поздним: $[\text{MoS}_2]$, — $[\text{WO}_4]$, CaWO_4 — FeAsS (кобальтсодержащий), $[\text{CoAsS}]$ — Au , $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$, — Bi_2S_3 — FeAsS — $[\text{Sb}_2\text{S}_3]$. Минералы в квадратных скобках — редко встречающиеся. Количество установленных минеральных видов, участвующих в формировании зонального ряда золото-сульфотеллуридной минерализации, — 22. Ассоциация молибденита-вольфрамит-шеелита отно-

сительно массивов и штоков гранодиоритов и гранитов удалена от 100 до 200 м. Молибденитовая минерализация может входить в составе пегматитов, жил, вкраплений в составе гранодиоритов. Ассоциация кобальтсодержащего арсенопирита, золота и сульфотеллуридов относительно массивов и штоков удалена на 250—400 м. Ассоциация арсенопирита, антимонита отстоит от массивов и штоков на 500—750 м (Дыбинский массив). Максимально установленный вертикальный размах золото-сульфотеллуридной минерализации — 500 м. Примеры: Дыбинский рудный узел. Пространственно связан с гранодиоритами раннего-позднего мела. Рудные объекты: Одержимый, Тенистое. Курмское рудное поле пространственно связано с дифференцированным штоком гранодиорит-гранитоидного состава ранне-позднемелового возраста. Представлено Курумским и Веткинским рудопоявлениями. Наганжинское, Хороньское, Борикчакское, Сосукчанское, Тобандинское проявления пространственно связаны с гранитами, аляскитовыми гранитами позднего мела. Таким образом, золото-сульфотеллуридная минерализация пространственно тяготеет к разному составу и возрасту гранодиоритов и гранитов, локализуется среди пермо-триасового терригенного верхоянского комплекса в разной степени обогащенных золотом на уровне 2—10 кларков. Изверженные породы отличаются кларковыми концентрациями золота.

Ассоциация пирротин-сфалерит-галенитовых руд с оловом и серебром, пространственно связанная с массивами и штоками гранодиоритов, от золото-сульфотеллуридной минерализации отстоит на расстоянии 500—1200 м.

Температурный ряд зональности золото-сульфотеллуридной минерализации: молибденит-вольфрамит-шеелит (575—430 °С), ассоциация кобальтсодержащего арсенопирита и золото-сульфотеллуридов (340—265 °С), арсенопирита, антимонита (265—225 °С). Концентрации золота в сульфотеллуридах висмута достигают 12 кг/т, в жильном арсенопирите 4—10 г/т, в арсенопирите зон рассеянной минерализации — до 300 г/т (Курумское, Наганжинское проявления), в антимоните — 0.2—2.0 г/т. Золото от мелкой до средней и крупной (проволочное до 15 мм) размерности. Пробность золота — 890—920 промилле (Одержимое).

Золото-халькопирит-шеелитовая минерализация в скарнах (Агылкинское месторождение). Массив не вскрыт. Зональный ряд выглядит следующим образом: $CaWO_4$ - $Fe_{1-x}S$, FeS_2 , $CuFeS_2$ — [Au , Bi_2Te_2S , Bi_2S_3]- $FeAsS$. Общее количество описанных минеральных видов — 19.

Пространственные ряды минералогической зональности золоторудных месторождений, рудопоявлений и точек минерализации золото-пирит-арсенопиритового, галенит-сфалеритового и сульфантимони-

тового минеральных типов. Чаще пространственно месторождения и рудопоявления связаны с не вскрытыми штоками предположительно основных и кислых пород, или тяготеют к полям не протяженных маломощных даек среднего и основного состава позднемелового возраста. Локализуются среди псаммит-алевритовых отложений (близких к чёрным сланцам) позднего карбона — ранней перми и тяготеют к синскладчатым зонам разломов субмеридиональной ориентировки (стратифицированные золото-кварцевые жилы южной части Аллах-Юньской золотоносной зоны: Дуэтское, Бриндакитское, Юрское, Оночалахское и др. месторождения и рудопоявления), либо приурочены к зонам сочленения разновозрастных разломов (золото-кварцевые жилы и минерализованные крутопадающие зоны дробления Нежданинского месторождения и Надвиговая зона месторождения Бадран [6] в чёрных сланцах триаса). Вмещающие породы, как правило, характеризуются повышенным кларком золота от 2 до 12 кларков. Дайки основного состава характеризуются кларковым уровнем концентраций в них золота.

Для субластовых стратиформных кварцевых жил устанавливается обобщённая латеральная (относительно рудоподводящих разломов субмеридионального простирания) слабоконтрастная минералогическая зональность от ранних к поздним минеральным ассоциациям, от средне — к низкотемпературным: FeS_2 (340—270 °С) — $FeAsS$ (265—225 °С) — Au (225—165 °С) — ZnS , PbS (225—170 °С) — $CuFeS_2$ — *блеклые руды* (Cu , Pb) с низкими концентрациями серебра. Все сульфиды золотоносны. Наибольшие концентрации золота в галените, блеклых рудах (первые сотни г/т). Концентрации золота (по данным М. К. Силичева) в пирите — 40—60 г/т, в арсенопирите — 20—150 г/т. Количество сульфидов в кварцевых жилах варьируется от 0.5 до 3%. Золото от мелкого, среднего до крупной размерности (1.0—5.0 мм). Пробность золота — 805—825 промилле. Руды сформировались в один (постскладчатый этап) в две стадии: раннюю — золото-пирит-арсенопиритовую и позднюю — сфалерит-галенит-блеклорудную. Количество установленных минеральных видов М. К. Силичевым — 27.

Для секущих золоторудных жил и минерализованных зон дробления, сформировавшихся в несколько этапов и стадий рудообразования, расположенных в чёрносланцевой пермской толще псаммит-алевритового состава (Нежданинское, Кеннинское, Лазурное) и среди аналогичных по составу турбидитов раннего триаса (Бадран) наиболее выражена вертикальная минералогическая зональность снизу вверх, от ранних к поздним минералам: $CaWO_4$ — Au , Bi_2Te_2S — Bi_2S_3 (предполагается на глубине свыше 1000 м от дневной поверхности по примесям в пирротине и арсенопирите W, Bi, Te) — $FeAsS(1)$, $FeS_2(1)$, Au —

Sb_2S_3 – $FeS_2(2)$, $FeAsS(2)$, **Au** – ZnS , PbS , $CuFeS_2$ – сульфоантимониды Sb , Pb , Zn , Cu , Ag , содержащие золото, редко самородное серебро. $FeAsS(1)$ – рассеянный, игольчатый, длиннопризматический выделяется в минерализованных зонах дробления. Золотоносность до 350 г/т. Температура вакуумной декрепитации 225–270 °С; $FeAsS(2)$ – крупнозернистый в кварцевых жилах. Золотоносность (по данным М. К. Силичева, Н. В. Белозерцевой, Г. Н. Гамянина и автора) до 40 г/т. Интервал температуры вакуумной декрепитации 225–75 °С. $FeS_2(1)$ – тонкорассеянный в минерализованных зонах дробления. Золотоносность до 150 г/т. Интервал температуры вакуумной декрепитации 225–270 °С. $FeS_2(2)$ – крупнозернистый, крупнокристаллический в кварцевых жилах. Золотоносность – 30–40 г/т. Золото от мелкозернистого до 1.5 мм. Пробность золота варьируется от 750 до 805 промилле. Температура вакуумной декрепитации золота в интервале 225 – 165 °С. PbS , ZnS – в жильной массе от мелко- до крупнозернистых разностей. Золотоносность их от 10 до 350 г/т. Концентрация серебра в галените сильно варьируется и достигает 1800 г/т. Температура вакуумной декрепитации галенита в интервале 225–165 °С. Валовая золотоносность сульфоантимонидов варьируется от 30 до 150 г/т. Температура вакуумной декрепитации валового состава сульфоантимонидов 150–170 °С. Количество сульфидов в месторождении варьируется от 3.5 до 10%. Вертикальный размах установленного золотого оруденения 2200 м. Жильные минералы снизу вверх, от ранних к поздним представлены последовательной сменой кварца (4 разновидности агрегатов), карбонатов от анкерита, сидерита, доломита до кальцита. Общее количество описанных минеральных видов – 42.

Обобщённый ряд минералогической зональности золоторудной минерализации восточной Якутии относительно источников тепломассопереноса (интрузий, разломов): $[MoS_2]$ – $[WO_4]$, $CaWO_4$ – **Au(1)**, Bi_2Te_2S – Bi_2S_3 – $FeAsS(1)$ – $Sb_2S_3(1)$ – $FeAsS(2)$, $FeS_2(1)$, **Au(2)** – $Sb_2S_3(2)$ – $FeS_2(2)$, $FeAsS(3)$, **Au(3)** – ZnS , PbS , $CuFeS_2$ – сульфоантимониды Sb , Pb , Zn , Cu , содержащие золото, редко самородное серебро – **Au(3)**, Ag . В скобках показано число разновидностей минералов. Максимальная вертикальная область распространения золотого оруденения в случае пространственно совмещённых и надстроённых рядов зональности от золото-сульфотеллуридных к золото-пирит-арсенопиритовым ассоциациям минералов в Восточной Якутии составляет 2750 м (500 м для золото-сульфотеллуридной минерализации и

2200 м для совмещённой золото-пирит-арсенопиритовой, галенит-сфалеритовой и сульфоантимонитовой минерализации в минерализованных зонах дробления).

В рамках проведённых исследований обобщённый ряд вертикальной регрессивной зональности вписывается в схему классического ряда зональности относительно теплогенерирующего источника вне зависимости от его природы (магматический очаг, контролирующие оруденение зоны разломов) и состава магматизма, но зависит от глубинного положения источника рудообразования, состава растворов и окружающей среды (состава и структуры) вмещающих пород. Непрерывность зонального ряда определяется исключительно энергией тепломассопереноса относительно теплогенерирующего источника и наличием металлов в направлении разгрузки гидротермальных растворов (сам источник + боковая среда вмещающих пород). Чем дальше от источника формируются руды, тем ниже температура минералообразования, ниже пробность золота, тем шире и сложнее набор минеральных видов, тем большее количество минералов кристаллизуются в низших сингониях по отношению к высшим, тем большие относительные запасы золота в полигенно-полихронных месторождениях.

Литература

1. *Кокин А. В.* Минералогическое картирование при подготовке площадей под геологическую съёмку м-ба 1:50000 // Минералогические аспекты металлогении Якутии. — Якутск: ЯНЦ СОАН СССР, 1990. С.50–56.
2. *Кокин А. В.* Методика минералогического картирования при государственной геологической съёмке м-ба 1:50000 // Информационные материалы Всесоюзной школы по минералогическому картированию. — Свердловск: Институт минералогии УОАН СССР. 1991. С. 29–43.
3. *Рундквист Д. В., Неженский И. А.* Зональность эндогенных месторождений. М.: Недра, 1975. 180 с.
4. *Кокин А. В.* Минеральные типы золоторудных месторождений Юго-Восточной Якутии // Отечественная геология. № 8. 1994. С. 10–17.
5. *Кокин А. В.* Оценка перспективности рудных объектов. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2005. 383 с.
6. *Кокин А. В.* Структурно-морфологические, минералого-геохимические и литолого-фациальные особенности локализации золотого оруденения в Верхнеиндигирском золотоносном районе // Вестник Госкомгеологии: №1 (6), Якутск, 2002. С. 54–66.