

УДК 553.3:549

О КСЕНОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

© 2003 г. Член-корреспондент РАН А. А. Сидоров

Поступило 14.01.2003 г.

Группа ксенотермальных месторождений была выделена А.Ф. Баддингтоном как необходимое дополнение к широко известной глубинно-температурной классификации В. Линдгрена [1]. Эти месторождения преимущественно распространены в пределах вулканогенных поясов и перивулканических зон, где они тесно ассоциируют с эпитеермальными месторождениями (рис. 1). К особенностям образования ксено- и эпитеермальных месторождений относится телескопирование или сгущивание разнотемпературных минеральных ассоциаций, что объяснялось главным образом быстрым падением температур и давления в мигрирующих к дневной поверхности рудообразующих растворов [1, 2]. На ксенотермальных месторождениях установлены совмещения в рудах парагенезисов, температура образования которых варьировала от 400°C и более до 100°C и менее.

Результаты изучения подобных месторождений в пределах Восточно-Азиатских вулканогенных поясов позволяют существенно дополнить представления об их генезисе и механизме образования. В ряде случаев рудоотложение на ксенотермальных месторождениях начиналось не в условиях высоких температур и давлений, а, напротив, в классических эпитеермальных условиях. Именно ранние парагенезисы в жилах представлены халцедоном и низкотемпературным кварцем, глинистыми минералами, гидрослюдами и адуляром, сульфоантимонитами и другими сульфосолями. Высокотемпературные парагенезисы отчетливо наложены на эти ранние минеральные ассоциации в результате стадийной реювенации гидротермальных систем [2]. В частности, на крупнейшем серебрянорудном месторождении Дукат (Охотско-Колымский водораздел) мною были выделены следующие стадийные минеральные ассоциации (рис. 2а): адуляр-кварцевая и низкотемпературного кварца с сульфосолями серебра, сульфидно-полиметаллическая, серебро-аргентитовая, родонит-родохро-

зитовая, гельвин-гранатовая, гребенчатого кварца с переотложенными ассоциациями ранних сульфидов, кюстелита и самородного серебра. Н.Е. Савва, детально исследовавшая минералогические особенности руд этого месторождения, пришла к выводу, что наложение позднего высокотемпературного (400°C) парагенезиса со скарноидной гельвин-гранат-бустамитовой ассоциацией на ранний кварц-адуляр-серебро-сульфосолистый привело к уничтожению серебряных сульфосолей и локальному концентрированию серебра с отложением (переотложением) акантита и самородного серебра. По такому же принципу сформировалось подавляющее большинство эпитеермальных и ксенотермальных месторождений и рудопроявлений охотской ветви Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [3]. Однако в пределах чукотской ветви этого пояса наряду с рудными образованиями дукатского типа распространены ксенотермальные месторождения обычного (по Баддингтону) типа. К таковым относится крупное Майское золоторудное месторождение. Здесь были выделены следующие стадийные минеральные ассоциации (рис. 2б): касситерит-вольфрамит-тунгстит-висмутиновая, арсенопирит-кварцевая, арсенопирит-пирит-кварцевая (эта ассоциация наиболее близка тонко вкрапленным нежилым золото-пирит-арсенопиритовым рудам, определяющим промышленную характеристику месторождения), галенит-сфалерит-кварцевая, халькопирит-мельниковитовая, золото-кварцевая, сульфоантимонит-кварцевая, самородномышьяково-каолинит-кварцевая, электрум-сульфоантимонит-кварцевая, кварц-антимонитовая [4].

В пределах Дукатского и Майского рудных районов широко распространены жилные месторождения-сателлиты, характеризующиеся соответственно одной или двумя-тремя стадийными ассоциациями своих базовых месторождений (рис. 3, 4).

Свинец майских руд определен как наиболее радиогенный в регионе [4]: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.782$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.664$ – эти значения близки к соответствующим отношениям свинцов пелагических осадков Мирового океана [5]. Состав свинца дукатских руд – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.323$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.509$,

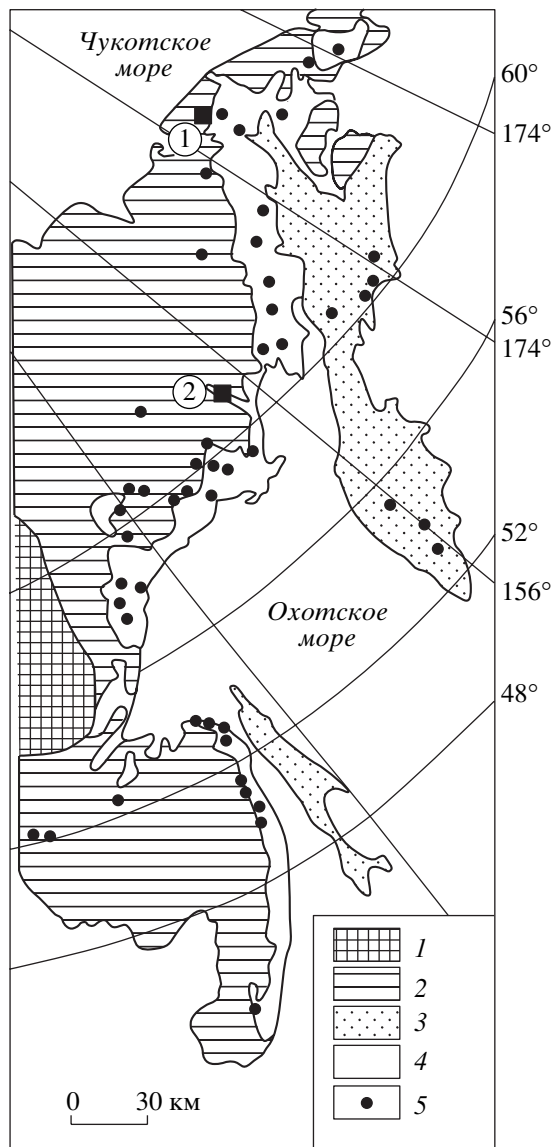


Рис. 1. Схема размещения эпитермальных и ксено-термальных месторождений в пределах вулканогенных поясов и зон северо-востока Азии. 1 – Сибирская платформа; 2 – Колымо-Чукотская и Амурско-Приморская мезозойские орогенные области; 3 – кайнозойская складчатая система (Корякия, Камчатка, Сахалин); 4 – Восточно-Азиатские вулканогенные пояса (Охотско-Чукотский и Восточно-Сихотэ-Алинский); 5 – эпитермальные золото-серебряные месторождения. Цифры на схеме (крупнейшие ксено-термальные месторождения): 1 – Майское золоторудное месторождение; 2 – Дукатское серебрянорудное месторождение.

напротив, близок к свинцам из руд различных месторождений Яно-Колымской складчатой системы. Можно предположить, что преимущественно золотые майские руды связаны с нижнекоровыми источниками рудного вещества, а серебряные дукатские руды связаны с мобилизацией рудного вещества в нижних толщах верхоянского ком-

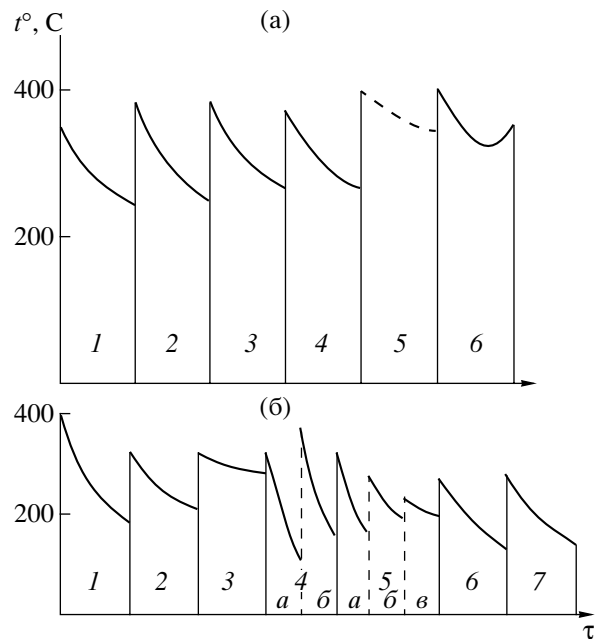


Рис. 2. Элементы температурного режима формирования по результатам гомогенизации газожидких включений в кварце и адуляре. а – дукатское серебрянорудное месторождение, ассоциации: 1 – адуляр-кварцевая и кварц-хлоритовая, 2 – сульфидно-полиметаллическая, 3 – серебро-аргентитовая, 4 – родонит-родохрозитовая, 5 – гельвин-гранатовая, 6 – гребенчатого кварца с перетолженными ассоциациями ранних сульфидов, кюстелита и самородного серебра; б – Майское золоторудное месторождение, ассоциации: 1 – касситерит-вольфрамит-тунгстит-висмутиновая, 2 – арсенопирит-кварцевая, 3 – арсенопирит-пирит-кварцевая (эта ассоциация наиболее близка тонковкрапленным нежилым золотопирит-арсенопиритовым рудам, определяющим промышленную характеристику месторождения), 4а – галенит-сфалерит-кварцевая, 4б – халькопирит-мельниковитовая, 5а – золото-кварцевая, 5б – сульфоантимонит-кварцевая, 5в – самородномышьяково-каолинит-кварцевая, 6 – электрум-сульфоантимонит-кварцевая, 7 – кварц-антимонитовая.

плекса (С-1), где известны стратиформные серебро-сульфидные залежи Западного Верхоянья в амагматических толщах. Вместе с тем почти аномальный состав майских свинцов связан, возможно, с ураноносностью позднемезозойской гранитной интрузии Кукенейского массива, расположенного в непосредственной близости от Майского месторождения. Физико-химические условия формирования ксено-термальных месторождений тесно связаны с особенностями реювенации вулканогенно-плутоногенных гидротермальных систем [2].

Однако на полихронных месторождениях распространено также обычное наложение минерализации поздних этапов на ранние. В частности, широко известен пример наложения эпитермальной минерализации на гипотермальные докембрийские руды месторождения Хомстейк в результате мио-

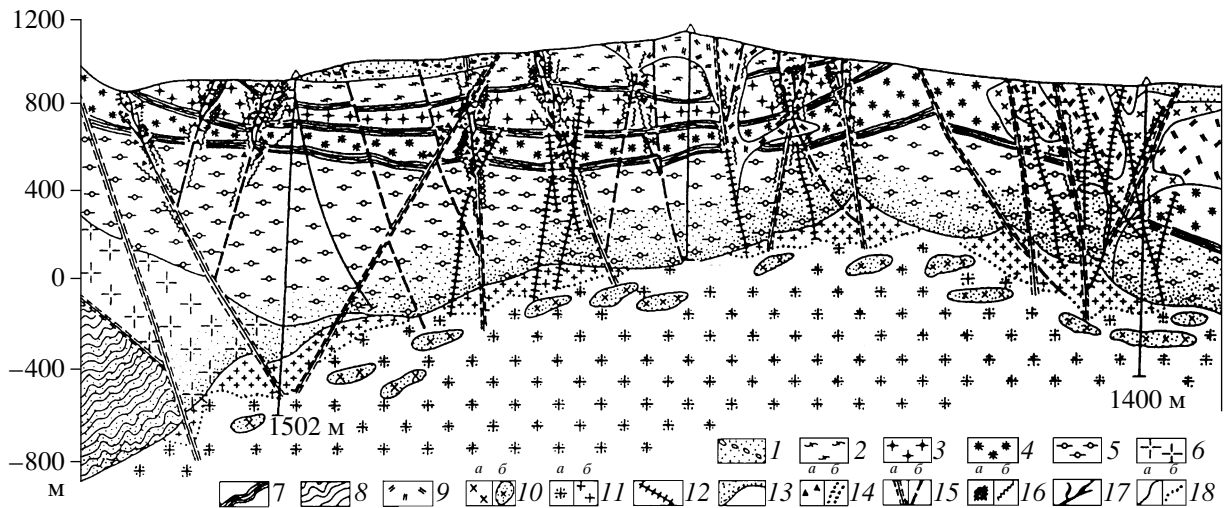


Рис. 3. Дукатское рудное поле (геологический разрез) [2]. 1 – терригенная толща нижнего мела; 2–7 – нижнемеловые вулканогенные толщи: 2 – игнимбриты и риолиты, 3 – игнимбриты и туфы риолитов, 4 – риолиты и фельзиты, 5 – игнимбриты, туфы и туфобрекчии, 6 – мелкопорфировые риолиты, маркирующие слои углистых осадочных и туфогенных пород; 8 – песчаники и сланцы верхнего триаса; 9 – меловые субвулканические тела и экструзии риолит-дацитов; 10 – меловые субвулканические тела (а) и ксенолиты (б) гранодиорит-порфиров; 11 – позднемеловые интрузивы биотитовых среднезернистых (а) и лейкократовых мелкозернистых (б) гранитов; 12 – дайки раннепалеогеновых (?) базальтов; 13 – зона контактового метаморфизма; 14 – инъекционно-эксплозивные брекчии (а), туффизиты (б); 15 – зоны интенсивного дробления (а) и разрывные нарушения (б); 16 – участки интенсивного окварцевания и вкрапленного оруденения (а) и кварцевые жилы и прожилки; 17 – важнейшие сереброносные ксенотермальные и эпитермальные жилы; 18 – четкие геологические (а) и фациальные (б) границы.

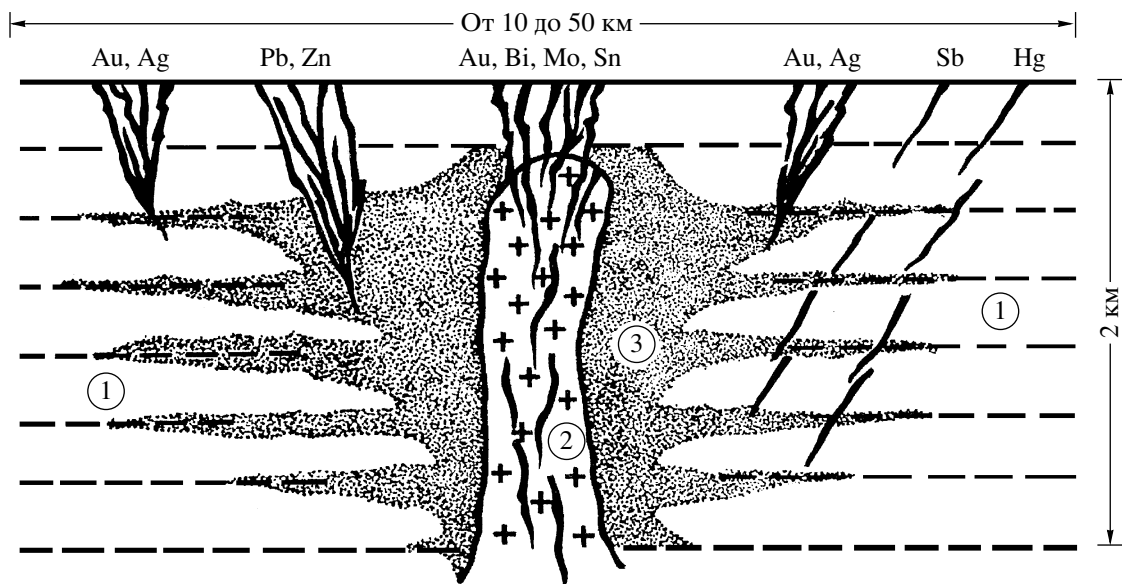


Рис. 4. Схема взаимоотношений вкрапленных и жильных руд в пределах Майского рудного узла. 1 – глинистые сланцы, алевролиты и песчаники среднего триаса (основание позднемезозойского Охотско-Чукотского вулканогенного пояса); 2 – субвулканические тела гранит-порфиров; 3 – зона золотоносной сульфидизации (вкрапленные руды). Жильные месторождения и проявления: Au, Bi, Mo, Sn – ранние кварцево-жильные; Pb, Zn – сульфидно-кварцевые полиметаллические; Au, Ag – эпитермальные золото-серебряные; Sb – сурьмяные (кварц-антимонитовые); Hg – ртутные (киноварные).

ценовой регенерации этих руд [6]. Отмечены также участки совмещения разноглубинного оруденения в результате интенсивных поднятий и эрозии блоков вмещающих пород в периоды отложения

руд [2]. Эти образования, не входящие в группу ксенотермальных месторождений, но в наибольшей мере соответствующие термину “ксенотермальные”, распознаются не всегда легко. На упо-

мянутом месторождении Хомстейк разновозрастный характер минерализации стал очевиден через многие десятилетия после его эксплуатации. И вместе с тем есть основания полагать, что ксенотермальность оруденения любого типа является важным критерием, указывающим на высокую интенсивность и продолжительность рудного процесса.

Ч. Парк и Р. Мак-Дормид [1] к типичным ксенотермальным образованиям отнесли гигантское месторождение Потоси (Боливия), а также многокилометровые жильные системы Икуно-Акенобе (Япония); при этом подчеркивалась независимость минеральных ассоциаций жильных руд от возраста и состава вмещающих пород. Определенные элементы подобия между олово-серебрудными районами Потоси и Дуката неоднократно отмечались нами [2]. Вместе с тем такие ранние минералы Потоси, как касситерит, вольфрамит, висмутин, арсенопирит, в Дукатском рудном районе отлагались в период позднего (порфирирового) этапа, тесно сопряженного с допорфирировым сереброрудным этапом. Ранние минеральные ассоциации жил Икуно-Акенобе так же, как и ранние жилы Майского месторождения, содержат касситерит, вольфрамит, самородный висмут; золото и серебро развито преимущественно в виде тонких включений в сульфидах; гидротермальные процессы в пределах обоих рудных районов завершились внедрением послерудных базальтовых даек.

Ксенотермальные месторождения золота и серебра на Северо-Востоке России, несмотря на

различные условия формирования, являются крупнейшими промышленными объектами. Следует также отметить, что отложение золотых руд Майского месторождения завершается сравнительно длительными и устойчивыми низкотемпературными процессами (поздние многочисленные антимонит-кварцевые жилы в пределах месторождения и рудного района), а отложение существенно серебряных допорфирировых руд Дукатского месторождения завершается высокотемпературными процессами нового олово-серебро-порфирирового этапа рудообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парк Ч.Ф., Мак-Дормид Р.А. Рудные месторождения. М.: Мир, 1966. С. 546.
2. Сидоров А.А., Константинов М.М., Еремин Р.А. и др. Серебро (геология, минералогия, генезис, закономерности размещения месторождений). М.: Наука, 1989. С. 240.
3. Савва Н.Е., Петров С.Ф. В сб.: Минералогия и генетические особенности месторождений золота и серебра. Магадан: СВНЦ, 1996. С. 7–26.
4. Сидоров А.А., Волков А.В. В кн.: Российская Арктика: геологическая история, минералогия, экология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 711–729.
5. Доу Б.И., Стейси Дж. В сб.: Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М.: Мир, 1977. С. 11–57.
6. Рай Д., Доу Б.И., Делево М. В сб.: Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М.: Мир, 1977. С. 149–169.