

УДК 553.3/4(571.65)

ОБ ЭПИТЕРМАЛЬНОМ И МЕЗОТЕРМАЛЬНОМ ОРУДЕНЕНИИ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

© 2004 г. Член-корреспондент РАН А. А. Сидоров

Поступило 13.01.2004 г.

Среди колымо-чукотской группы террейнов, аккреция которых завершилась в послеготеривское–предальбское время, наибольшим распространением пользуются террейны пассивных континентальных окраин. Они сложены многокилометровыми песчанико-сланцевыми толщами, сформировавшимися на гранитизированном докембрийском фундаменте в течение пермского–позднеюрского времени. Аналогичные толщи широко развиты в чехлах кратонных террейнов (Омолонского, Охотского), и, таким образом, эти терригенные породы являются важнейшей вмещающей средой мезотермальных и в меньшей степени эпитеpmальных месторождений региона. Второй по значению вмещающей средой представляются магматические породы постааккреционного Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, а также дайки и гранитоидные интрузивы орогенных зон (Иньяли-Дебинской, Яно-Сугойской, Анойской и др.) и кратонных террейнов (Охотского, Омолонского, Эскимосского и др.) (рис. 1). Здесь широко распространены эпитеpmальные, порфиоровые и в меньшей степени мезотермальные (в гипабиссальных гранитоидах) месторождения. Сингенетичное осадконакоплению гидротермальное оруденение в пределах террейнов пассивной континентальной окраины и чехла кратонов, включая характерные для них отложения шельфа, а также турбидитных бассейнов, не выявлено в виде промышленных месторождений. Однако многочисленные зоны сульфидизации (пиритизации в песчано-глинистых и полиметаллических сульфидов в известково-глинистых и карбонатных толщах), особенно интенсивно развитые в пределах микрократонов, в рифтогенных прогибах и на флангах основания Охотско-Чукотского пояса, являются одним из важных источников рудного вещества при образовании син- и постааккреционных месторождений. В разнотипных и разновозрастных структурах мною было выделено 11 рядов рудных формаций (рудных комплексов),

названных по наиболее представительным комплексным месторождениям (см. рис. 1) [1]. При этом связь между эпитеpmальными и мезотермальными месторождениями оставалась проблематичной даже в пределах одного рудноформационного ряда, хотя с позиции *PT*-условий рудообразующих растворов такая связь представляется достаточно простой.

Отсутствие четких фациальных переходов между эпитеpmальными и мезотермальными месторождениями, залегающими в черносланцевых толщах и магматических породах, обычно объясняется сравнительно кратковременным отложением руд в близповерхностных гидротермальных системах. Последние формировались главным образом в связи с постааккреционными вулканогенными поясами. Что касается синаккреционных мезотермальных месторождений, то эпитеpmальные жильные образования отмечены в верхних горизонтах крупнейших золото-кварцевых месторождений (Наталкинское и Нежданинское [2]) как поздние, наложенные (возможно регенерированные) образования. В едином вертикальном интервале (в виде двух ярусов оруденения) крупных жильных руд эпи- и мезотермального типов не отмечено. Однако в перивулканической зоне, выделенной нами при изучении Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [3], распространены смежные эпитеpmальные и мезотермальные рудные поля, а среди гипабиссальных коллизионных и потаккреционных гранитоидных интрузивов с золото-кварцевым, золото-редкометальным и касситерит-силикатно-сульфидным оруденением отмечены также интрузивы с медно-молибден-порфиоровыми, золото-порфиоровыми и олово-серебро-порфиоровыми месторождениями [2]. Температуры образования основной массы рудоносного жильного кварца в эпи- и мезотермальной ярусах определены при изучении газово-жидких включений интервалом в 410–150°C (табл. 1). Однако нижний предел температур кварцеобразования (халцедонообразования) в эпитеpmальном ярусе нередко опускается до 80–50°C. Что касается расчетных давлений в гидротермальных системах, то в мезотермальном ярусе они достигают 1.5 кбар, а в эпитеpmальном – не превышают 0.25 кбар. И только в пределах

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва*

Таблица 1. Рудные зоны и месторождения в эпи- и мезотермальных ярусах рудоотложения

Рудные зоны	Эпитермальный ярус (рудные ассоциации)	Мезотермальный ярус (рудные ассоциации)	<i>PT</i> , кбар, °С	Примеры месторождений
Сольфатарная жильно-прожилковая	Ртутные (киноварные), сурьмяные (антимонитовые), золото-серебряные		0.1–0.2, 80–220	Утесное – Au, Ag
Адуляр-кварцевая, халцедон-кварцевая жильная	Золото-серебряные, сурьмяные, ртутные		0.1–0.3, 150–410	Хаканджа, Карамкен, Кубака – Au, Ag, Палян – Hg
Порфировая	Олово-серебряные, молибден-медные, полиметаллические, золото-серебряные	Олово-вольфрамовые, молибденовые, золото-серебро-редкометалльные	0.3–1.4, 210–500	Хета – Sn, Ag, Bi, Песчанка – Cu, Mo, Ag, Весеннее – Au, Ag, Школьное – Au
Серебро-сульфидная жильно-вкрапленных руд	Сульфидно-полиметаллические, серебро-аргентитовые, электрум-серебряные, сурьмяные	Олово-серебро-мышьяковые, золото-редкометалльные, серебро-сульфидно-полиметаллические	0.3–1.4, 180–380	Мангазейка, Прогноз, Дукат – Ag
Золото-сульфидная вкрапленных руд	Золото-арсенопирит-пиритовые	Золото-арсенопирит-пиритовые (пирротиновые)	Нет опр.	Майское, Дегдекан – Au
Внутри- и окологранитоидная жильная		Оловянные (касситерит-кварцевые, касситерит-силикатно-сульфидные) олово-вольфрамовые, молибденовые, золото-редкометалльные	0.4–2.5, 150–500	Пыркакай – Sn, W, Валькумей – Sn, Иультин – W, Подгорное – Au, Co, Пельвунты – Au, Bi
Зеленосланцевая метаморфогенных кварцевых жил		Золото-кварцевая, шеелит-кварцевая, сурьмяные, ртутные	0.4–1.3, 80–410	Штурмовское – Au, Родионовское – Au, Сарыллах – Au, Sb

Примечание. *PT* – по данным [4]. Примеры месторождений см. [9].

порфириновых месторождений расчетные давления в гидротермальных системах достигают 1–1.4 кбар на ранних этапах жильообразования [4]. Расчетные давления нередко существенно превосходят гидростатические, особенно в эпитермальном ярусе и порфириновой зоне, что, по-видимому, связано с периодической закупоркой рудовмещающих трещин или проявлениями внутрирудного магматизма. Изотопные исследования свинцов свидетельствуют о родстве источников рудного вещества эпитермальных и мезотермальных месторождений [5].

Рудоносные кварцевые жилы, как правило, развиваются в связи с крупными зонами сульфидизации в черносланцевых толщах. Термобарогеохимические исследования сульфидов в этих зонах затруднены и крайне разноречивы, а при тонкодисперсной сульфидизации невозможны. Наиболее изученные рудоносные зоны Майского и Кукенейского месторождения (Чукотка) вскрыты до глубины 1500 м, и при этом состав тонкорассеянных (до субмикроскопических) сульфидов остается неизменным как в эпитермальном, так и в мезотермальном ярусах. Было высказано мнение о негидротермальной природе этой сульфидизации и ее связи с углеродистыми метасоматитами [6].

Как показали наши исследования, усредненные содержания золота в кварцевых жилах значительно ниже, чем его концентрация во вкрапленных рудах Майского месторождения [7]. Однако если эти руды характеризуются равномерными и сравнительно невысокими содержаниями золота (не более 10 г/т), то в кварцевых жилах нередко небольшие гнезда, а в эпитермальном ярусе и сравнительно крупные бонанцы золотых и золото-серебряных руд с ураганскими концентрациями металла (до сотен г/т).

В перивулканической зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса отчетливо зафиксированы различные взаимоотношения между этими ярусами; наибольший интерес представляют сопряженные во времени взаимоотношения, широко развитые в охотской ветви вулканогенного пояса. Они характеризуются интенсивной прогрессирующей реювенацией эпитермальных рудообразующих систем и в связи с этим редуцированием или полным отсутствием низкотемпературного минералообразования в рудоносных жилах. Я объяснил эту реювенацию тесной сопряженностью во времени эпитермальных (вулканогенных) и мезотермальных (плутоногенных) систем рудообразования. При этом зарождение эпитермальных (вулканоген-

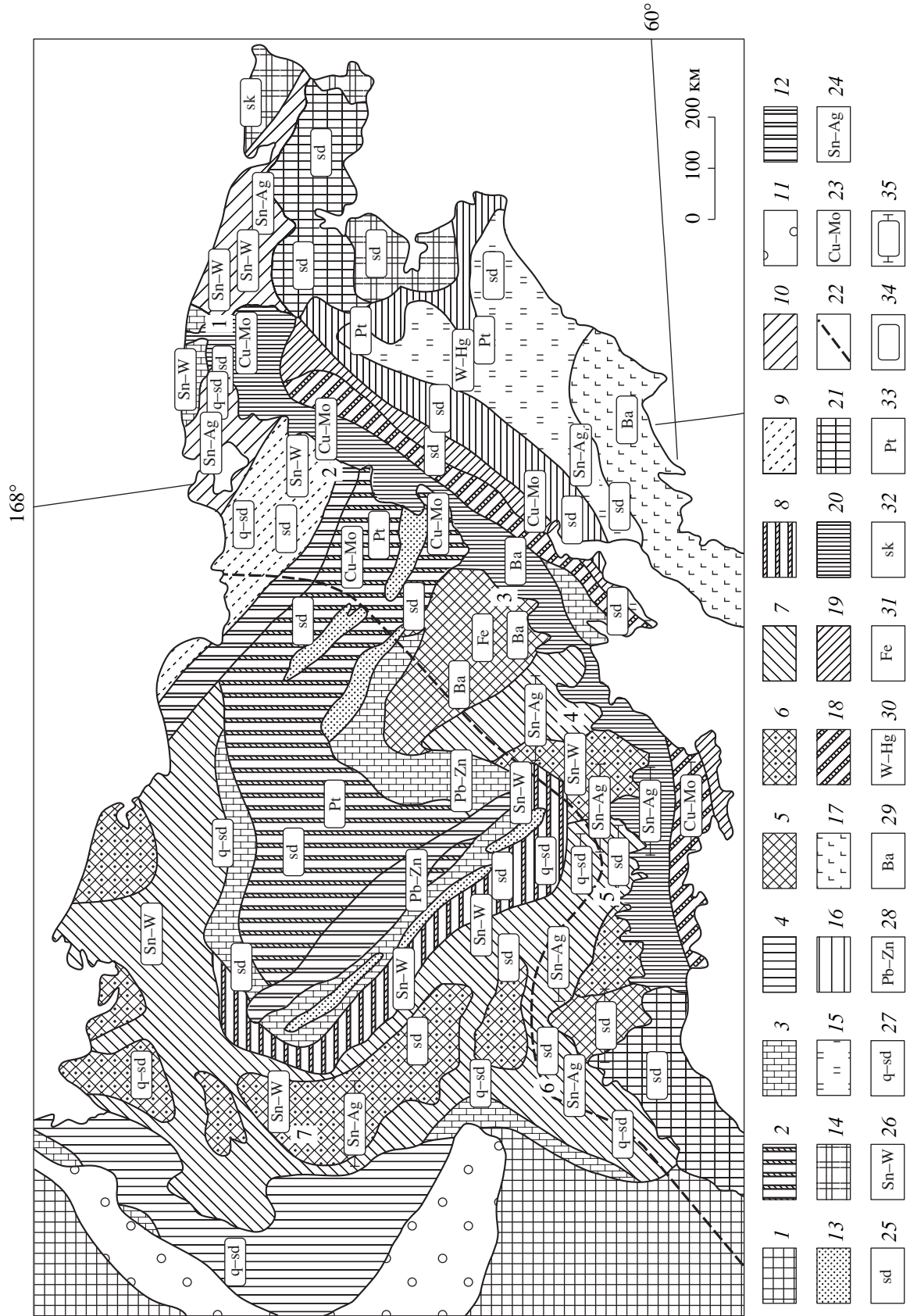


Рис. 1. Структурно-металлогеническая схема Северо-Востока России (с использованием сведений разных лет Ю.М. Пущаровского, С.М. Тильмана, В.Ф. Белого и др.) 1 – Северо-Азиатский кратон (Сибирская платформа); 2–13 – Верхояно-Чукотская группа террейнов различных геодинамических типов, кроющие комплексы и структурные элементы (2 – Алазейско-Олойские островодужные и океанические террейны; 3–10 – Колымские и Чукотские супертеррейны и связанные с ними структурные элементы; 3 – краевые и внутренние поднятия, сложенные докембрийскими и палеозойскими породами, 4 – Верхоянская зона коробчатой линейной складчатости, 5 – микрократоны с обнаженным фундаментом; 6, 7 – Яно-Сугойская зона глыбовой складчатости: 6 – микрократоны с погруженным фундаментом, 7 – структуры обрамления микрократонов; 8 – Иньяли-Дебинская зона изоклиальной складчатости; 9 – Анюйская зона коллизийной складчатости; 10 – Чаунская складчатая зона; 11–13 – сшивающие и кроющие структуры; 11 – перикратонный прогиб, 12 – регенерированный прогиб, 13 – вулканогенные зоны островодужных террейнов); 14 – Эскимосский кратон; 15, 16 – Корякско-Камчатская группа террейнов и сшивающих структур: 15 – террейны аккреционной призмы, 16 – Пенжино-Анадырская сшивающая структура; 17 – Олюторско-Камчатский островодужный террейн; 18–21 – Охотско-Чукотский постааккреционный вулканогенный пояс: 18, 19 – внутренняя зона (18 – унаследованная, 19 – новообразованная подзоны), 20 – внешняя зона, 21 – фланги; 22 – условная граница перивулканической зоны; 23–33 – рудноформационные ряды (рудные комплексы), поименованные по базовым месторождениям: 23 – медно-молибден-порфиновый, 24 – серебро-сульфидный и олово-серебро-порфиновый, 25 – сульфидный нерасчлененный, 26 – олово-вольфрам-силикатно-сульфидный, 27 – кварц-сульфидный (золото-сульфидно-кварцевый вкрапленных руд и золото-кварцевый жильный), 28 – свинцово-цинковый стратиформный, 29 – барит-полиметаллический, унаследованный с докембрия, 30 – вольфрам-ртутный, 31 – железистых кварцитов, 32 – скарновый, 33 – хромит-платинометаллический; 34 – местоположение важнейших рудных узлов; 35 – рудные узлы с установленными сопряженными эпи- и мезотермальными ярусами рудообразования. Цифры на схеме – крупнейшие рудные районы: 1 – Майский (золото-сульфидные вкрапленных руд, золото-сульфидно-кварцевые, касситерит-сульфидные, медно-порфиновые, эпитеермальные золото-серебряные, сурьмяные и ртутные месторождения и рудопроявления), 2 – Баимский (медно-порфиновые, золото-сульфидно-кварцевые, эпитеермальные золото-серебряные, ртутные), 3 – Омолонский (железистокварцевые, барит-полиметаллические, золото-сульфидно-кварцевые, медно-молибден-порфиновые, эпитеермальные золото-серебряные месторождения и рудопроявления), 4 – Омсукчанский (Дукатский) (серебро-сульфидные, олово-серебро-порфиновые, касситерит-сульфидные, золото-редкометаллические, эпитеермальные золото-серебряные месторождения и рудопроявления), 5 – Омчакский (золото-сульфидно-кварцевые, золото-редкометаллические месторождения и рудопроявления), 6 – Нежданинский (золото-сульфидно-кварцевые, золото-редкометаллические, эпитеермальные золото-серебряные месторождения и рудопроявления), 7 – Западно-Верхоянский (серебро-сульфидные, олово-серебро-порфиновые, золото-сульфидно-кварцевые, золото-серебряные месторождения и рудопроявления).

ных) гидротермальных систем отчетливо предшествует мезотермальным (плутоногенным), что представляется вполне органичным для континентальных вулканогенных поясов [8]. Сопряженное развитие начинается с образования эпитеермальных золото-серебряных (существенно серебряных) месторождений в около- и интруктальдерных зонах, затем олово-серебро-порфириновых и жильных касситерит-силикатно-сульфидных, а также золото-редкометаллических месторождений (Дукатский рудный район) или медно-молибден-порфириновых, жильных кварц-сфалерит-геленитовых золото-редкометаллических (Баимский рудный район) (см. рис. 1). Зона порфириновых руд охватывает не только нижнюю часть эпитеермального, но и верхнюю часть мезотермального ярусов (см. табл. 1).

Что же касается вкрапленных руд в черносланцевых толщах, то они широко распространены в пределах обоих ярусов, а по своим объемам значительно превосходят жильные руды. Соотношение вкрапленных (первичных) и жильных (вторичных) руд в каждом ярусе связано с интенсивностью метасоматизма и жиллообразования. На примере полихронных золоторудных месторождений, расположенных в перивулканической зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [2], эти соотношения представляются следующим образом: на Наталкинском месторождении (Колыма) объемы вкрапленных и жильных руд, вероятно, близки, хотя визуальнo жильно-прожил-

ковая минерализация преобладает; на Нежданинском месторождении (Якутия) это отношение не менее чем 2 : 1; рудные жилы на Майском месторождении не выражены, а минеральный парагенезис вкрапленных руд на всем изученном интервале подобен раннему (допродуктивному пирит-арсенопиритовому) парагенезису рудных минералов эпитеермальных жил. Но арсенопирит и пирит последних слабо золотоносен, а во вкрапленных рудах этих минералы являются основными носителями тонкого самородного золота. На Майском и Нежданинском месторождениях эпитеермальный ярус характеризуется преимущественно сурьмяным оруденением (антимонит-кварцевые жилы с гнездовой золотоносностью и аргиллизиты), на Наталкинском месторождении на верхних (ныне отработанных) горизонтах отмечались серебро-золотоносные адуляр-кварцевые жилы, имевшие, возможно, регенерационную природу.

Отсутствие вертикальной зональности отложения во вкрапленных рудах свидетельствует, по видимому, что высокие концентрации рудного вещества (в том числе золота) накапливались в черносланцевых толщах независимо от эпи- и мезотермальных условий рудоотложения и возможно уже с этапов осадконакопления.

Таким образом, сопряженная во времени связь эпитеермального оруденения с мезотермальным характерна для вулканогенных поясов и объясня-

ется последовательным развитием эпитермального (вулканогенного) и плутоногенного оруденений в пределах единых гидротермальных систем. Важнейшими признаками этих связей являются поздние и завершающие высокотемпературные (до скарноидных) стадийные минеральные ассоциации в жильных рудах эпитермальных месторождений [8]. В полихронных месторождениях (Наталкинское, Нежданинское, а также Западно-Верхоянский рудный район) эпитермальное оруденение нередко наложено (по типу регенерированного) на мезотермальные руды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 03–05–64095).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоров А.А. // ДАН. 1987. Т. 296. № 3. С. 689–693.
2. Сидоров А.А. // ДАН. 1998. Т. 363. № 5. С. 662–665.
3. Сидоров А.А., Еремин Р.А., Найборodin В.И. и др. // ДАН. 1978. Т. 238. № 6. С. 1437–1440.
4. Гончаров В.И., Сидоров А.А. Термобарогеохимия вулканогенного рудообразования. М.: Наука, 1979. С. 208.
5. Волков А.В., Сидоров А.А., Гончаров В.И., Сидоров В.А. // Геология руд. месторождений. 2002. Т. 44. № 3. С. 179–197.
6. Томсон И.Н., Сидоров А.А., Полякова О.П. и др. // Геология руд. месторождений. 1984. Т. 26. № 6. С. 19–31.
7. Сидоров А.А., Абрамсон Г.Я., Андреев Б.С. и др. Поисково-оценочные критерии золоторудных месторождений перивулканических зон. Магадан, 1982. С. 68.
8. Сидоров А.А. // ДАН. 1991. Т. 319. № 6. С. 1405–1408.
9. Significant Metalliferous Lode Deposits and Placer District for Russian Far East, Alaska, and the Canadian Cordillera // US Geol. Surv. Open-File Rep. 1997. № 96-513-B. P. 385.