

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫЙ РУДОГЕНЕЗ И МАНТИЙНО-КОРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Горячев Н.А.

СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, e-mail: goryachev@neisri.ru

Предметом сообщения являются минералого-геохимические особенности месторождений Au и Ag орогенных поясов Сибири и Северного обрамления Пацифика. Эти месторождения подразделяются на золотой (золото-сульфидно-вкрапленный и золото-кварцевый), золото-висмутый, золото-серебряный, золото-сурьмяный, серебро-сурьмяный, серебро-редкометалльный, золото-сурьмяно-ртутный и серебро-ртутный типы [Тектоника..., 2001; Гамянин и др., 2003; Горячев, 2006; Горячев, Гамянин, 2006; Жмодик и др., 2008; Горячев и др., 2011; Борисенко и др., 2012]. Все они формировались в разнообразных геодинамических обстановках в результате активного движения коровых тектонических блоков разной природы. Результатом субдукционных процессов (как фронтальных, так и тыловых частей окраинно-континентальных и островодужных магматических дуг) являются Au-Ag, Ag-Sb, Ag-Hg, Au-Sb, Ag-редкометалльные и Au-Bi месторождения. Коллизионные события вызвали образование Au-сульфидно-вкрапленных, Au-кварцевых, Au-Bi, Au-Ag-кварцевых объектов, а внутриплитный континентальный рифтогенез и формирование орогенных поясов вдоль границ скольжения блоков (плит) сопровождалось формированием Au-кварцевых, Au-Bi, Au-Ag, Au-Sb-Hg и комплексных руд [Горячев, 2006, 2010]. Во всех случаях, процессы формирования благороднометалльной минерализации сопровождаются проявлениями разнотипного магматизма и метаморфизма. В силу такого разнообразия на генезис благороднометалльного оруденения нет каких-либо общепринятых взглядов, конкурируют несколько гипотез, а именно, гидротермально-метаморфическая, плутоно-метаморфическая, плутоническая, глубинных флюидных потоков и, наконец, многоступенчатого концентрирования при ведущей роли осадочных комплексов.

Поскольку благороднометалльные (как и все рудные) месторождения формировались в верхних горизонтах коры, нередко в пространственно-временной ассоциации с коровым магматизмом, то многим исследователям представляется и коровое происхождение Au и Ag оруденения. Этому в немалой степени способствуют данные по изотопному составу S, а также Pb рудных минералов месторождений золота, которые указывают на коровый его источник [Горячев, 2003; Горячев и др., 2000]. В то же время для ряда месторождений (Au-Hg-Sb, Ag-Sb) показаны пространственно-временные связи с мантийными магматическими и рудными производными, что предполагает их формирование при исключительном влиянии мантийного вещества [Борисенко и др., 2012]. При рассмотрении пространственно-временных связей Au и Ag оруденения с магматизмом выявляется отчетливая ассоциация одних групп месторождений с «мантийными» [Таусон, 1989] гранитоидами и месторождениями меди и молибдена (окраинно-континентальные и островодужные магматические пояса обрамления Пацифика, латитовые интрузивы Монголо-Охотского орогенного пояса), а других – с палингенными (Яно-Колымский орогенный пояс, Оминка орогенный пояс и пр.) с типично коровой металлогенической ассоциацией с месторождениями W, Sn и полиметаллов. Изложенное выше свидетельствует об активной роли мантии в процессах орогенеза и формирования благороднометалльного оруденения. Собственно мантийные производные – Cu-Ni руды (Норильск, Сэдбери, Печенга, Кэйп Смит и др.) содержат промышленные концентрации благородных металлов, средние концентрации (г/т) которых варьируют в широких пределах (Ag 2-126; Au 0.042-4.307; Pt 0.208-28.395; Pd 0.051-67.26; Ir 0.009-0.264; Ru 0.006-1.553; Rh 0.022-0.625; Os 0.001-0.441) [Barnes and Lightfoot, 2005]. Согласно этим исследователям в рудах присутствуют (г/т) As (0.51-142), Sb (0.15-34.54), Se (70-135), а также (Додин и др., 2002) Te (1-47 г/т) и Bi, образующие собственные минералы с платиноидами (PGE) в рудах. Т.е. мы можем говорить о чисто мантийной ассоциации: PGE, Au, Ag, Cu, Ni, (Te, Se).

Эти сопутствующие элементы постоянно отмечаются в составе Au и Ag руд месторождений Северо-Востока Азии, часто образуя собственные минеральные формы и определяя их минеральные типы. При этом их средние концентрации (г/т) в золотых рудах, локализованных в терригенных осадках и гранитоидах, являются заметно более высокими для As (4152-6531), Bi (3.2-34.6) при относительно низких для Te (до 34.3) и Sb (4.3-13.3). К ним следует добавить постоянное присутствие W и спорадическое Pb, Sn, Mo, что позволяет предполагать чисто коровую ассоциацию: Au, Ag, As, W, Bi, Sb (Te, Sn).

В некоторых месторождениях (Нежданинское, Дегдекан, Наталка, Павлик и др.) установлены аномально высокие концентрации PGE: в золото-сульфидно-вкрапленных и золото-кварцевых дайковых коллизионных до 50 г/т [Гончаров и др., 1995; Алпатов и др., 2002; Ханчук и др., 2011; Goryachev, 2007]; в золото-висмутовых – до 1-5 г/т, а в монофракциях арсенопирита и пирита до 25 г/т [Гамянин и др., 2007; Goryachev, 2007; Goryachev et al., 2012], и выявлены их минеральные формы [Молчанов и др., 2000; Горячев и др., 2011, 2012]. Спецификой орогенных руд золото-сульфидно-вкрапленного и золото-висмутового типов является также присутствие в них минералов Ni и Co (герсдорфит, кобальтин, раммельсбергит, никелин) [Гончаров и др., 2002; Sotskaya, Goryachev, 2012] и даже таких необычных, как паркерит [Горячев и др., 2004], типовых для медно-никелевых руд Садбери. Кроме того, эти руды нередко ассоциируют с дайками долеритов и диорит-порфириров и с небольшими плутонами «мантийных» гранитоидов. Все изложенное предполагает участие мантийных производных в формировании благороднометалльных орогенных руд.

Сравнительный анализ минералого-геохимических особенностей разных орогенных месторождений золота: докембрийских Фенноскандии; палеозойских Восточного Саяна, мезозойских Монголо-Охотского и Яно-Колымского поясов [Горячев, 2010₁], наряду с материалами по северному обрамлению Пацифика, показал следующее. Для архея и протерозоя характерно широкое распространение золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения и значимых различий между, так называемыми, орогенными и связанными с гранитоидами месторождениями Au нет. В конце протерозоя (Енисейский кряж) и в раннем палеозое (Восточный Саян) появляется самостоятельное золото-висмутовое, связанное с гранитоидами оруденение. В позднем мезозое золото-висмутовое оруденение отчетливо отделяется от мезотермального золото-кварцевого («орогенного»), занимает самостоятельное место и имеет промышленное значение (Аляска). Т.е. намечается определенная дифференциация минерального вещества орогенных золоторудных месторождений во времени по мере роста коры. В древних орогенных золото-кварцевых жилах турмалин является хоть и редким, но обычным минералом, равно, как и минералы Bi и Te, в то время, как в фанерозойских золоторудных месторождениях они концентрируются в самостоятельном золото-висмутовом типе. Минералы Sb больше концентрируются в мезотермальном орогенном оруденении золото-кварцевого типа. Минералы As равно встречаются во всех типах орогенного оруденения на всех этапах его проявления. Выявляется также определяющая роль субстрата в пространственном распределении разных типов золотой минерализации и в ее металлогенических ассоциациях с другими типами оруденения. Наибольшее разнообразие наблюдается там, где преобладает сиалический коровый субстрат.

Для орогенных месторождений золота типичен сравнительно узкий диапазон вариаций изотопного состава S сульфидов руд с некоторым преобладанием тяжелого изотопа ($-2 \div +9\%$) для месторождений протерозоя и раннего палеозоя, локализованных в фемических террейнах, а также для мезозойских месторождений Монголо-Охотского и Сихотэ-Алинского поясов границ скольжения плит ($-4.6 \div +7.8\%$), где, кстати, наблюдается и ассоциация их с Au-Ag и Sb-Hg [Горячев, 2010]. Для сульфидов же коллизионных позднемезозойских месторождений Яно-Колымского пояса характерны весьма широкие вариации изотопного состава S ($-15.8 \div +3\%$) с преобладанием легкой серы. Такая тенденция отражает большее участие коровых процессов в формировании орогенных руд золота в

позднем мезозое. Для жильных карбонатов устанавливается общее поле изотопных составов углерода и кислорода независимо от возраста, что может свидетельствовать о близких физико-химических условиях их формирования. Изотопный состав Pb галенитов и арсенопиритов указывает на коровые и подкоровые источники металлов и значительную роль мантийного вещества в формировании древних месторождений и месторождений трансформных окраин, вследствие высокой активности мантии. Можно предположить также, что в фанерозое индикатором высокой активности мантии (плюмы) являются ассоциации Au-Ag, Ag-Sb-Ni-As и Au-Sb-Hg типов месторождений [Модельный..., 2009].

Исследования поддержаны проектом ДВО РАН № 12-II-CO-08-030.

Литература

Алпатов В.В., Гамянин Г.Н., Коробейников А.Ф. Нежданинское уникальное (платиноидно)-золоторудное месторождение // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 730-740.

Борисенко А.С., Спиридонов А.М., Изох А.Э., Прокопьев А.В., Лебедев В.И., Гаскльв И.В., Зорина Л.Д., Костин А.В., Наумов Е.А., Третьякова И.Г. Высокопродуктивные этапы базитового и гранитоидного магматизма Северной Азии, оценка их ресурсного потенциала, научное обоснование критериев прогноза и поисков крупных месторождений (Cu-Ni-Pt, Co, Au и редкие металлы) // Проблемы минерагении России. 2012. С. 237-252 http://onznnews.wdcb.ru/ebooks/minerageny/chap_1.1.13.pdf (Рундквист Д. В., Н. С. Бортников, Ю. Г. Сафонов, Ред. (2012), *Проблемы минерагении России*, Изд. ГЦ РАН, Москва, 534 с., doi:10.2205/2012minerageny-2012)

Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю. Типы серебряного оруденения Верхояно-Колымских мезозоид // Тихоокеанская геология, 2003. Т. 22, № 6. С. 113-126.

Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Савва Н.Е. Рудно-магматические системы и металлогения золота и серебра Северо-Востока Азии // Геология и геофизика, 2007. Т.48. № 11. С. 1176-1188.

Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. и др. Платиноносность золоторудных месторождений в черносланцевых толщах Северо-Востока России: проблемы и перспективы // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в. М.: Геоинформмарк, 1995. Т. 2. Кн. 2. С. 156-161.

Горячев Н.А. Золоторудообразующие системы орогенных поясов // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2006. № 1. С. 2-16.

Горячев Н.А. Орогенные месторождения золота в пространстве и времени // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов. Тр. Всеросс. Конф. Апатиты: К&М, 2010, С. 31-35.

Горячев Н.А. Орогенные месторождения золота как металлогенические индикаторы происхождения складчатых поясов // Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении: XXI Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию академика В.И.Смирнова; Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, 26-28 января 2010 г.: М.: МАКС Пресс, 2010. Том 1. С. 81-92.

Горячев Н.А. Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – 143 с.

Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. – 202 с.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Золото-висмутовые (золото-редкометалльные) месторождения Северо-Востока России: типы и перспективы промышленного освоения // Золоторудные месторождения Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2006. С. 50-62.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н., Заякина Н.В., Попова С.К., Сидоров В.А. Первая находка сурьмянистого паркерита на Северо-Востоке России // Докл. РАН, 2004. Т. 399. № 4. С.1-4.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н., Прокофьев В.Ю., Веливецкая Т.А., Игнатъев А.В., Лескова Н.В. Серебро-сурьмяная минерализация Яно-Колымского пояса (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология, 2011. Т. 30. № 2. С.12-26.

Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Горячева Е.М., Михалицына Т.И., Маньшин А.П. Первая находка минералов платиновой группы в черносланцевых золотых рудах месторождения Дегдекан на Северо-Востоке России // Докл. РАН, 2011, Т. 439, № 1. С.79-82.

Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Михалицына Т.И., Горячева Е.М., Маньшин А.П. Оценка Au-Pt-Pd-Ni в рудах типовых месторождений (Наталка, Дегдекан) в черносланцевых толщах Яно-Колымского золоторудного пояса // Проблемы минерагении России (Вестник ОНЗ РАН спецвыпуск). 2012. С. 325-336 http://onznews.wdcb.ru/ebooks/minerageny/chap_1.1.18.pdf

Горячев Н.А., Чарч С., Ньюберри Р.Дж. Контраст в свинцово-изотопных характеристиках золоторудных месторождений Северо-Востока Азии и Аляски // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Тр. Всеросс. Конф. Т.1. Геология, геохронология и геохимия. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 149-157.

Додин Д.А., Додина Т.С., Дюжиков О.А., Неручев С.С. Норильско-Талнахский рудный гигант // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 664-682.

Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С. Золотоцентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2008. – 304 с.

Модельный анализ развития континентальных мантийно-коровых рудообразующих систем / В.Н.Шарапов и др. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2009. – 409 с.

Молчанов В.П., Моисеенко В.Г., Хомич В.Г., Горячев Н.А. Палладий-золото-редкометалльная минерализация Оемкинского рудного узла (Сихотэ-Алинь) // Докл. РАН, 2000. Т. 375, № 4. С. 518-520.

Таусон Л.В. Магмы и руды // Геохимия рудообразующих систем и металлогенический анализ. – Новосибирск: Наука, 1989. С. 5-17.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интрепериодика», 2001. – 571 с.

Ханчук А.И. Плюснина Л.П., Никитенко Е.М., Кузьмина Т.В., Баринов Н.Н. Распределение благородных металлов в черных сланцах золоторудного месторождения Дегдекан (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология, 2011. Т. 30. № 2. С. 3-11.

Barnes S.J., Lightfoot P.C. Formation of Magmatic Nickel Sulfide Deposits and Processes Affecting Their Copper and Platinum Group Elements Contents // Economic Geology 100th Anniversary Volume. Littleton: SEG Inc., 2005. P. 179-213.

Goryachev N.A. Granitoid-related and granitoid-hosted Au lode deposits of northeast Asia // Ores and Orogenesis. A Symposium Honoring the Career of William Dickinson. Program with Abstracts. September 24-30, 2007. Tucson, Arizona. 2007. P. 106.

Goryachev N.A., Sotskaya O.T., Goryacheva E.M., Mikhailitsyna T.I. Platinum Group Minerals in orogenic gold ores of Far East Russia // LIMA2012 XVI PERUVIAN GEOLOGICAL CONGRESS & SEG Conference Abstracts CD.

Sotskaya O.T., Goryachev N.A. About micromineralogy of «black shale» disseminated-sulfide ores of the North-East Russia // Baikal International Conference «Geology of Mineral Deposits» Ulan-Ude, Enkhalyk on the Baikal, March 20-24. Abstracts. Ulan-Ude, 2012. P. 27.