

ПРОБЛЕМЫ РУДОГЕНЕЗА И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА

УДК 553.411

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫЙ РУДОГЕНЕЗ
И МАНТИЙНО-КОРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Н.А. Горячев

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН,
685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия

Предметом сообщения являются минералого-геохимические особенности месторождений благородных металлов и прежде всего золота орогенных поясов Фенноскандии, Сибири и северо-востока Азии. Эти месторождения подразделяются на золотой (золото-сульфидно-вкрапленный и золото-кварцевый), золото-висмутовый, золото-серебряный, золото-сурьмяный, серебро-сурьмяный, золото-сурьмяно-ртутный и серебро-ртутный типы. Все они формировались в разнообразных геодинамических обстановках в результате активного движения коровых тектонических блоков разной природы. При этом результатом субдукционных процессов (как фронтальных, так и тыловых частей окраинно-континентальных и островодужных магматических дуг) являются Au-Ag, Ag-Sb, Ag-Hg, Au-Sb-Hg, Au-Bi месторождения. Коллизионные же события вызвали образование собственно золотых и Au-Bi объектов, а внутриплитный континентальный рифтогенез и формирование орогенных поясов вдоль границ скольжения блоков (плит) сопровождалось формированием собственно золотых и Au-Bi руд в комбинации с Au-Ag, Au-Sb-Hg и комплексными рудами. 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, и конкурируют несколько гипотез, которые можно назвать как гидротермально-метаморфическая, плутонометаморфическая, плутоническая, глубинных флюидных потоков и, наконец, многоступенчатого концентрирования при ведущей роли осадочных комплексов.

Орогенные месторождения золота, генезис, орогенные пояса, мантийно-короевое взаимодействие.

NOBLE-METAL ORE GENESIS AND MANTLE–CRUST INTERACTION

N.A. Goryachev

The mineral and geochemical compositions of noble-metal (first of all, gold) deposits of the Fennoscandian, Siberian, and Northeast Asian orogenic belts are considered. These deposits are of several types: Au (disseminated Au–sulfide and Au–quartz), Au–Bi, Au–Ag, Au–Sb, Ag–Sb, Au–Sb–Hg, and Ag–Hg. They formed in different geodynamic settings as a result of the active motion of crustal tectonic blocks of different nature. Subduction processes (both at the front and at the rear of continent–marginal and island–arc magmatic arcs) resulted in Au–Ag, Ag–Sb, Ag–Hg, Au–Sb–Hg, and Au–Bi deposits. Collision events gave rise to Au and Au–Bi deposits. Intraplate continental rifting and formation of orogenic belts along the boundaries of block (plate) sliding led to the origin of Au and Au–Bi ores in association with Au–Ag, Au–Sb–Hg, and complex ores. In all cases, the formation of noble-metal mineralization was accompanied by magmatism of different types and metamorphism. Because of this diversity of ores, there is no single concept of the genesis of noble-metal mineralization. Several competing models of genesis exist: hydrothermal–metamorphic, pluton–metamorphic, plutonic, activity of mantle fluid flows, and multistage concentration with the leading role of sedimentary complexes.

Orogenic gold deposits, genesis, orogenic belts, mantle–crust interaction.

ВВЕДЕНИЕ

С формированием орогенных поясов тесно связано возникновение целого ряда месторождений разных металлов, которые образуют своеобразные металлогенические ассоциации [Горячев, 2010а,б]. Среди них не последнее место занимают месторождения золота указанных типов, среди которых доминируют мезотермальные золото-кварцевые месторождения и золоторудные месторождения генетически

связанные с гранитоидами. Однако только первые из них были отнесены к собственно орогенным [Kerich et al., 2000; Groves et al., 1998; Goldfarb et al., 2005]. Согласно этим исследователям, *орогенные месторождения золота* формируются вдоль конвергентных окраин в течение аккреции террейнов, их перемещения и коллизии, которая связана с субдукцией плит и/или литосферным расслоением. Они формируются обычно в позднюю стадию деформационно-метаморфически-магматической истории формирующегося орогена. Руды имеют четкий структурный контроль разломами или зонами смятия, складками и/или зонами контраста компетентных пород [Groves et al., 2003]. Главным различием между ними служит то, что орогенные месторождения синхронны или несколько более поздние относительно развития проникающих пластических деформаций, таких как зоны смятия и складки, а также региональный кливаж, а золоторудные месторождения, генетически связанные с гранитоидами, определены более поздние, чем проникающие деформации вмещающих пород, и ассоциируют с интрузивами, секущими такие деформированные породы [Goldfarb et al., 2005]. Структурно это действительно так, но вот по отношению к процессам формирования орогенного пояса (или орогенеза) в общем плане ситуация уже не так однозначна, ибо в истории формирования орогенных поясов любого возраста четко усматриваются три главных этапа — складчатый, метаморфический и плутонический, причем последний является явно послескладчатым, но тесно ассоциирует с фазой формирования позднеорогенных сдвигов и сбросов. Более того, датировки гранитоидов и золотых руд Яно-Колымского орогенного пояса показали, что граниты и золото-висмутовые руды древнее, чем типичные орогенные золото-кварцевые руды [Горячев, 2003; Акинин и др., 2009]. Таким образом, обе группы месторождений золота следует относить к орогенным, считая, что орогенные месторождения золота возникли в результате орогенных событий, во время формирования складчатых поясов, в тесной связи с процессами зонального метаморфизма и орогенного гранитоидного магматизма, из региональных флюидных потоков, структурированных зонами крупных разломов либо орогенными интрузивами [Горячев, 2006].

Поскольку благороднометалльные месторождения формировались в верхних горизонтах коры, часто в пространственно-временной ассоциации с проявлениями корового магматизма, то многим исследователям представляется и коровое происхождение золотого и серебряного оруденения. Этому в немалой степени способствуют данные по изотопному составу свинца рудных минералов месторождений золота, которые для орогенных поясов северо-востока Азии уверенно указывают на коровый его источник [Горячев и др., 2000; Горячев, 2003]. Однако данные С.И. Дриля с соавторами [Дриль и др., 2012] для орогенных золотых руд Забайкалья указывают на их сложный корово-мантийный генезис. 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., 2010, 2012], хотя они не всегда формировались во внутриплитных обстановках. Аналогично, для ряда комплексных месторождений благородных металлов А.Ф. Коробейников показал возможность участия мантийных производных в их формировании через сложное взаимодействие «внутрикоровых гранитоидно-гидротермально-метасоматических систем» с «мантийной флюидодинамической системой» [Коробейников, 2007]. При рассмотрении пространственно-временных связей золотого и серебряного оруденения с магматизмом выявляется отчетливая ассоциация одних групп месторождений с «мантийными» [Таусон, 1989; Спиридонов и др., 2006] гранитоидами (окраинно-континентальные и островодужные магматические пояса обрамления Пацифика, латитовые интрузивы Монголо-Охотского орогенного пояса), а других [Newberry et al., 1995; McCoу et al., 1997; Горячев, 2003] с палингенными (Яно-Колымский орогенный пояс, Оминек орогенный пояс в Канадских Кордильерах и Аляске и пр.) гранитоидами. Эти примеры также говорят о роли мантии в процессах орогенеза и формировании благороднометалльного оруденения. Отсюда следуют вопросы — каким же образом мантия влияет на благороднометалльный рудогенез? И в каком виде это проявляется?

Для этого, прежде всего, рассмотрим благороднометалльную нагрузку собственно мантийных производных — медно-никелевых руд (Норильск, Сэдбери, Печенга, Кэйп Смит и др.), которые всегда содержат промышленные концентрации благородных металлов. В таких рудах средние концентрации благородных металлов варьируют в широких пределах (г/т): 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, Lightfoot, 2005]. Согласно данным цитируемых исследователей, благородным металлам сопутствуют также относительно повышенные концентрации (г/т): As = 0.51—142; Sb = 0.15—34.54; Se = 70—135. По всей видимости, к этим элементам надо добавить Te и Bi, постоянно образующие собственные минералы с платиноидами в рудах [Генкин и др., 1980]. Чисто мантийная геохимическая ассоциация благородных металлов может быть представлена как — Pt, Pd, Ir, Ru, Rh, Os, Au, Ag, Cu, Ni, Cr, (Bi, Te, Se, As, Sb).

Эти сопутствующие платиноидам элементы также постоянно присутствуют в составе благороднометалльных руд разновозрастных месторождений разных орогенных поясов, часто образуя собственные

минеральные формы и определяя их минеральные типы. При этом их средние концентрации в рудах, например месторождений золота, являются заметно более высокими, что можно продемонстрировать на примере золоторудных месторождений Фенноскандии и складчатого обрамления Сибирского кратона [Горячев, 2010a].

Орогенные месторождения золота Балтийского щита [Johanson, Kojonen, 1989; Ward et al., 1989; Johanson et al., 1991; Kojonen et al., 1991; Kontoniemi et al., 1991; Nurmi, Ward, 1989; Korkiakoski, 1992; Luukkonen, 1994; Lehtonen et al., 1998; Eilu, 1999; Eilu et al., 2003; Сафонов и др., 2003; Вольфсон, 2004; Кулешевич и др., 2004]. Архейские (2.7 млрд лет) и палеопротерозойские (1.85—1.80) орогенные месторождения золота Балтийского щита обладают общими признаками, типичными для всех орогенных месторождений: локализация в зонах разломов; связь с орогенными метаморфизмом и магматизмом — дайки порфиров и порфиристов, штоки и плутоны преимущественно диоритового и гранодиоритового состава; локализация их в мафических вулканитах и интрузивных породах относительно осадков приблизительно одинаковая; широкое распространение метасоматитов, не только типовых, возникающих при березитизации, пропилитизации, альбитизации, хлоритизации и сульфидизации, но и таких специфических, как актинолитизация и биотитизация; отсутствие явно выраженного окварцевания. Спецификой также является то, что большинство месторождений приурочено к метаморфитам амфиболитовой фации, а не зеленосланцевой. Весьма специфичен минеральный состав рудных месторождений и их геохимия (табл. 1). Геохимически руды весьма комплексные: Au, Ag, As, Cu, Sb, Bi, Te, W, S, Co — основные элементы руд [Nurmi et al., 1991]. Это нашло отражение и в минеральном составе руд, где главными минералами являются минералы железа: пирит, пирротин, арсенопирит (преимущественно мышьяковистый, серы менее 20 мас. %), халькопирит и леллингит, а также сфалерит (Fe более 6 %), галенит, кобальтин, пентландит, тетраэдрит, ауристит, мальдонит, самородные Bi, Sb, Ag, теллуриды Bi, Pb, Fe, Ni, золото (как правило, дискретной пробы — преобладает высокая — 1000—900, но есть и низкая — 300—700 ‰) и серебро, реже селениды, кистит. Из жильных минералов типоморфны амфиболы, кварц, альбит, турмалин, биотит, хлорит. То есть минералогия совсем не типичная для орогенных фанерозойских месторождений. Оруденение формировалось из достаточно высококонцентрированных флюидов (более 10 экв% NaCl, причем архейские наиболее концентрированные — до 55 экв% NaCl) при повышенном давлении (более 2 кбар) [Routiainen, Partamies, 2003; Алексеев и др., 2008]. Сопутствующие орогенным скарновые и связанные с гранитоидами (granitoid-related) месторождения по особенностям рудной минералогии практически не отличаются от орогенных. Помимо них в древних орогенных поясах встречаются и метаморфизованные, предположительно бывшие эпithermalные, месторождения золота (например Оливеси), которые также имеют близкий минеральный состав с орогенными месторождениями [Eilu et al., 2003].

Конечно, архейские и протерозойские месторождения золота Балтийского, равно как и Канадского, щитов не типичны для самого Сибирского кратона и его складчатого обрамления. Однако их состав отражает ситуацию, когда геохимическая дифференциация вещества была проявлена минимально, что присуще тому времени, и их состав максимально приближен к мантийным производным. Помимо этого для них характерна еще и четкая приуроченность месторождений золота к зеленокаменным поясам. Первые признаки такой минералого-геохимической дифференциации устанавливаются для месторождений неопротерозоя и раннего палеозоя, когда в орогенных поясах появляются месторождения золото-висмутового типа, тесно ассоциирующие с гранитными плутонами и отличные от собственно золотых месторождений, заметно повышенными концентрациями Bi, W, Mo, при относительно высоких концентрациях этих элементов и в собственно золотых рудах. Например, для Енисейского кряжа это Титимухта [Сердюк и др., 2010], для Восточных Саян — это Зун-Холба и Пограничное [Дамдинов и др., 2009; Гармаев, 2011]. В более молодых мезозойских и кайнозойских поясах такая разница фиксируется уже весьма уверенно, что позволило выделить собственно золото-редкометалльные или золото-висмутовые месторождения в отдельный тип

Таблица 1. Элементы-примеси руд месторождений золота Финляндии [Nurmi et al., 1991]

Элемент	Архейские месторождения (6)	Палеопротерозойские месторождения	
		Лапландского домена (18)	Свекофенского домена (20)
Co	35	233	148
Cu	139	2520	763
B	880	77.7	181
Mo	16	52	4
W	9	51	205
Sb	1.6	2.2	450
Bi	61.6	10.3	37.2
As	1580	1150	9450
S	7530	41420	22270
Te	1.64	15.2	3.39
Ag	1.68	0.493	3.15
Au	5.01	5.44	6.08

Примечание. В скобках — число образцов.

Таблица 2. Взаимотношение разнотипного золотого оруденения и продуктов орогенных процессов в разновозрастных орогенных поясах [Горячев, 2006, 2010а,б]

Признак	Балтийский щит (палеопротерозой)	Восточный Саян (ранний палеозой)	Монголо-Охотский орогенный пояс (мезозой)	Яно-Колымский орогенный пояс (позд- няя юра—ранний мел)
Доорогенные руды и их возраст (млн лет)	Колчеданные залежи в офиолитах и коматитах, порфировые и метамор- физованные месторождения Au в вулканогенно-осадочных комплексах (2200—1880)	Колчеданные залежи в офиолитах, вкрап- ленные руды в углеродистых толщах (700). Порфировые и эпitherмальные мес- торождения островных дуг (560—670)	Колчеданные залежи и вкрап- ленные руды (возраст руд неизвестен). Палеозойские гранитоиды	Вкрапленные сульфидные зоны в тер- ригенных толщах (возраст руд неизвес- тен), колчеданные руды в островодуж- ных вулканитах (поздняя юра)
Орогенный магматизм и его возраст (млн лет)	Дайки и штоки тоналитов, грано- диоритов, порфиров и долеритов (1880—1815)	Граниты I-типа (500—450) обогащены Sr и обеднены Rb. $Sr_0 = 0.703—0.710$. Дайки основных и средних пород, лампрофиров	Граниты I- и S-типа (215—145) обеднены Sr, обогащены В. $Sr_0 = 0.705—0.715$. Дайки средних и кислых пород, реже лампрофиров	Интенсивный гранитный магматизм S- и I-типов (155—141). $Sr_0 = 0.705—$ 0.710. Широко распространены дайки долеритов и гранит-порфиров
Металлогеническая ассо- циация	Месторождения полиметаллов, Cu, Ni, Fe, реже Mo и W	Месторождения Cu и Mo, Fe, платино- идов и Cr	Месторождения Sn, W, Mo и по- лиметаллов, редких металлов (слабо)	Месторождения Sn, W, полиметаллов (слабо)
Типы месторождений Au и их возраст (млн лет)	Золото-сульфидно-кварцевый, золото- сульфидно-вкрапленный (1850—1780) и гранитоид-рейлейт (1815—1750)	Золото-сульфидно-кварцевый (480—440) Золото-висмутовый (480—450)	Золото-кварцевый (208—150) жилы и дайков. Золото-висмутовый (160—150)	Золото-сульфидный (≥ 155 ?), золото- кварцевый (140—135) жильный и дай- ковый, золото-висмутовый (149—140)
$\delta^{34}S$ (‰) сульфидов Au месторождений	Золото-сульфидно-кварцевый (–2...+9)	Золото-висмутовый (+5.0...+9.0) и золо- то-кварцевый (+1.1...+5.8)	Золото-висмутовый (–4.7... +5.4) и золото-кварцевый (+0.7...+7.8)	Золото-редкометалльный (–18...–6.7), золото-кварцевый (–14.6...+3.5) и золо- то-сульфидный (–5.6...–6.4)

[Гамянин и др., 1998; Горячев, Гамянин, 2006]. Рассмотрим кратко эти соотношения для наиболее изученных структур обрамления Сибирского кратона (табл. 2).

Орогенные месторождения золота Восточного Саяна [Громова, 1960; Теофилактос, 1966, 1970, 1992; Айриянц и др., 2002; Дамдинов и др., 2007, 2009; Жмодик и др., 2008; Гармаев, 2011]. Среди месторождений этого раннепалеозойского орогенного пояса встречается большое разнообразие типов месторождений золота [Гармаев и др., 2012]. Одни типы теснее ассоциируют с вулканоплутоническими ассоциациями островодужного типа (золото-пирит-теллуридный, золото-серебро-полисульфидный), а другие — с гранитоидными комплексами аккреционно-коллизийного типа (золото-сульфидный вкрапленный, золото-полисульфидный, золото-висмутовый, золото-серебро-полисульфидный) (см. табл. 2). Это позволяет утверждать наличие, как минимум, двух этапов формирования золотого оруденения: доаккреционного (доорогенного) вулканогенно-плутоногенного и аккреционно-коллизийного (орогенного). Пространственно месторождения и рудопроявления разных типов по-разному и располагаются. Доорогенные золото-пирит-теллуридные месторождения тяготеют к границам жестких докембрийских «глыб», обнаруживая пространственно-временную связь с полями развития вулканогенной сархойской серии и с гранитоидами тоналит-плагиогранитной формации. Орогенные золото-полисульфидные вкрапленные объекты тесно ассоциируют с древними офиолитовыми комплексами и черными сланцами, что находит отражение в их высокой платиноносности [Жмодик и др., 2008], распространены в карбонатных толщах Ильчирского синклиория, тяготея к полям каликатровых гранитоидов диорит-гранитной формации, завершающей орогенную магматическую активность. Такая ассоциация этих месторождений с офиолитами и черными сланцами, а также платиноносность руд являются четкими признаками мантийного влияния на процессы их формирования. В рудах постоянно присутствуют теллуриды золота и ряда других элементов, минералы Bi и Sb также обычны. Изотопный состав свинца галенитов оказывается весьма примитивным [Жмодик и др., 2008]. В то же время появляются рудопроявления, в которых более отчетлива связь их с гранитами и тесная корреляция Au с Bi и As. Эти объекты выделяются в тип золото-висмутовых месторождений, генетически связанных с гранитоидами [Дамдинов и др., 2009; Гармаев, 2011; Гармаев и др., 2012].

Орогенные месторождения золота Монголо-Охотского пояса [Балейское..., 1984; Cluer et al., 2005; Пересторонин, 2005; Спиридонов и др., 2006]. Спецификой данного орогенного пояса является его формирование в постоянных сдвиговых условиях границ скольжения плит или трансформных континентальных окраин [Геодинамика..., 2006], что обусловило повышенную проницаемость коры для мантийных производных и наложило свой отпечаток на состав руд [Горячев, 2010б]. Сообразно миграции орогенеза с запада на восток от раннего мезозоя к позднему, фиксируется и возрастное омоложение оруденения с движением фронта орогенеза. Для этого оруденения характерна тесная связь с процессами зонального метаморфизма на ранних стадиях [Горячев, 2003], и с дайками среднего и кислого составов, гипабиссальными гранитоидными и монцонитовыми (латитовыми) интрузивами на поздних стадиях [Спиридонов и др., 2006], а также сосуществование месторождений собственно золото-кварцевых, золото-сульфидно-кварцевых и золото-висмутовых в единых структурах с золото-серебряными эпитермальными и сурьмяно-ртутными [Горячев, 2010б]. Отмечается также преобладание жильного и дайкового типа мезотермальных месторождений золота и их сочетание с месторождениями, генетически связанными с гранитоидами. В составе руд минералы Sb, Bi и As встречаются совместно [Спиридонов и др., 2006; Горячев, 2010б], из-за чего отчетливо выделить минеральные типы затруднительно.

Орогенные месторождения золота Яно-Колымского пояса [Шило и др., 1988; Горячев, 1998, 2003, 2010а,б; Гамянин, 2001; Гончаров и др., 2002; Гамянин и др., 2003]. Четко выделяются три типа золотого оруденения орогенного этапа становления пояса: золото-сульфидный прожилково-вкрапленный, золото-кварцевый жильный и золото-висмутовый (золото-редкометалльный), связанный с гранитоидами. Пространственно месторождения и рудопроявления разных типов располагаются среди терригенных пород верхоянского комплекса в едином ареале с зонами метаморфизма зеленосланцевой фации и с plutонами гранитов S- и I-типа ильменитовой серии (восстановленный — reduced тип гранитоидов) (см. табл. 2). Структурно, это согласные и секущие жилы, минерализованные зоны дробления и штокверки в компетентных породах (песчаниках и дайках). Среди типично орогенных четко выделяется «дайковый» субтип, зарубежный аналог — гранитоид-хостед (granitoid-hosted). В золото-сульфидных прожилково-вкрапленных и золото-кварцевых жильных месторождениях отмечается тесная ассоциация минералов As и Sb, а в золото-висмутовых (золото-редкометалльных), связанных с гранитоидами, минералы As ассоциируют с минералами Bi. Минералы Sb и Bi встречаются вместе в рудах одних и тех же месторождений редко и в основном либо в дайковых — орогенных, либо в связанных с гранитоидами золото-висмутовых. Первые месторождения формировались из низкоконцентрированных (обычно менее 10 мас. % экв NaCl) флюидов, а золото-висмутовые — из высококонцентрированных (обычно более 15 мас. % экв NaCl) [Стружков и др., 2008; Горячев и др., 2008; Гамянин и др., 2011]. По геологическим характеристикам и минералогии руд, а также по ассоциации золотых руд с месторождениями олова и вольфрама [Горячев, 1998; Тектоника..., 2001; Геодинамика..., 2006] это типично коровые образования, что в свое время позволило В.И. Смирнову [1976] выделить этот металлогенический пояс в виде типично корового образования. Чисто коровая ассоциация элементов и их руд выглядят следующим образом: Au, W, Sn, Bi, Sb, As (Te, Se).

О признаках влияния мантийно-корового взаимодействия на формирование орогенных руд золота. Для месторождений золота рассмотренных орогенных поясов типичен сравнительно узкий диапазон вариаций изотопного состава серы сульфидов руд (см. табл. 2) с некоторым преобладанием тяжелого изотопа (–2... +9 ‰) для месторождений палеопротерозоя и раннего палеозоя, локализованных в фемических террейнах, а также для мезозойских месторождений Монголо-Охотского пояса обстановок [Геодинамика..., 2006] границ скольжения плит (–4.6... +7.8 ‰). Для сульфидов же позднемезозойских месторождений Яно-Колымского пояса характерны весьма широкие вариации изотопного состава серы (–15.8... +3 ‰) с преобладанием легкой серы [Гамянин, Горячев, 2000], что подчеркивает коровую природу золотого оруденения.

Вместе с тем детальное изучение Яно-Колымского орогенного пояса и связанного с ним одноименного золоторудного пояса показало, что при общей коровой сиаличности металлогении этой структуры для нее устанавливаются и признаки мантийного воздействия тоже. Так, при исследовании магматизма этого орогенного пояса были выявлены некоторые его особенности, указывающие на возможное влияние мантийного вещества при его формировании. К таковым особенностям относятся [Горячев, 1998, 2003; Изох и др., 2011]: 1) наличие позднеорогенных (постскладчатых) даек долеритов, гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров (в том числе и сложных), фактически синхронных становлению гранитных батолитов S-типа; 2) присутствие также интрузивов габбро-монцонитового комплекса того же возраста; 3) аномально низкие отношения изотопов Sr (0.705) для отдельных plutонов S-гранитов (Чьорго) в золотоносном поясе. Все это, на наш взгляд, отражает определенную аномальность мантии и ее влияние в период формирования орогенного пояса.

В составе золотых руд установлены относительно высокие концентрации (г/т): As (4152—6531), Bi (3.2—34.6) и Te (до 34.3) при относительно низких для Sb (4.3—13.3) (табл. 3). Эти содержания близ-

Таблица 3. Рудные элементы в орогенных месторождениях золота Яно-Колымского пояса [Горячев, 1998]

Элемент	Золото-кварцевые месторождения (138)*	Рудные столбы в золото-кварцевых месторождениях (35)	Золото-висмутовые месторождения (51)
Co	14.1	11.6	26.3
Cu	11.5	31.7	16.6
Mo	0.61	0.50	2.44
W	2.0	1.7	7.8
Sb	13.3	48.7	4.3
Bi	3.2	4.0	34.6
As	4152	2384	6531
Pb	16.2	89	32.7
Te	Не опр.	Не опр.	34.3 (11)
Ag	0.39	1.92	0.9
Au	Видимое золото	111.1	Видимое золото

* Число образцов.

achev, 2012] и даже таких необычных, как паркерит [Горячев и др., 2004], типовых для медно-никелевых руд Садбери.

Все изложенное также предполагает связь с влиянием мантийного вещества на процесс формирования орогенных руд золота даже в типично коровых металлогенических провинциях. И эта связь может быть проявлена двояко. С одной стороны, в виде прямого влияния мантийного магматизма на образование коровых очагов палингенных гранитных магм, сопряженных с поясами зонального метаморфизма, и, как следствие, их влияние на формирование региональных орогенных флюидных потоков, образовавших орогенные месторождения благородных металлов [Горячев, 2003; Goryachev et al., 2012]. С другой стороны, на стадии формирования осадочных бассейнов возникали сейсмоактивные рифтоподобные зоны повышенной проницаемости, послужившие проводниками для глубинных флюидных потоков и даек мантийных базитов и давшие рассеянное обогащение благородными металлами донных осадков, подобно современным процессам в Чукотском море [Астахов и др., 2010а]. Такие осадки древних окраинных морей впоследствии были вовлечены в орогенез и послужили источником благородно-металльного (золото и платиноиды) оруденения золото-сульфидно-вкрапленного типа [Астахов и др., 2010б; Горячев и др., 2011].

ВЫВОДЫ

Таким образом, рассмотренные примеры разновозрастных орогенных месторождений золота, локализованных как в фемических, так и сиалических провинциях, указывают на активную роль корово-мантийного взаимодействия в процессах их формирования. Оно проявляется как через влияние мантийного субстрата или вмещающих пород мантийного происхождения (рудовмещающие зеленокаменные пояса докембрия и офиолитовые зоны неопротерозоя — раннего палеозоя, или зоны рифтогенеза пассивных континентальных окраин) в предыстории возникновения орогенного пояса, так и через внедрение мантийных производных в процессе его формирования и возникновения в коре рудопроизводя-

ки рудам древних месторождений Фенноскандии (см. табл. 1), но заметно более дифференцированы по типам месторождений. В то же время в некоторых месторождениях (Нежданнинское, Дегдекан, Наталка, Павлик и др.) установлены и аномально высокие концентрации элементов платиновой группы: в золото-сульфидно-вкрапленных и золото-кварцевых дайковых коллизионных до 50 г/т [Гончаров и др., 1995; Алпатов и др., 2002; Goryachev, 2007; Ханчук и др., 2011]; в золото-висмутовых — до 1—5 г/т (табл. 4), 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 [Горячев и др., 2011, 2012; Goryachev et al., 2012]. Спецификой орогенных руд золото-сульфидно-вкрапленного и золото-висмутитового типов является также и присутствие в них минералов Ni и Co (герсдорфит, кобальтин, раммельсбергит, никелин) [Гончаров и др., 2002; Sotskaya, Gory-

Таблица 4. Платиноиды и сопутствующие им минералы в орогенных «дайковых» и золото-висмутитовых рудах северо-востока Азии

Месторождение	Pt	Pd	Минералы, типичные для платиновых руд	Источник
	г/т			
Средниканское	0.17—0.32	0.056—0.11	Нет	(Б.Ф. Палымский, 1990, устное сообщение)
Контрандинское	Элементы платиновой группы суммарно от 0.1 до 5		»	[Сухов и др., 2000]
Ветвистое	1.0	Нет	»	(Наши данные)
Тэутэджак	Не определя- лось	Не определя- лось	Паркерит NiBiS ₂	[Горячев и др., 2004]

щих вторичных гранитоидных магматических очагов и сопряженных поясов зонального метаморфизма. Во всех случаях это влияние находит отражение в минеральном составе руд и их геохимическом спектре, через появление аномальных концентраций элементов платиновой группы, хрома и никеля, а также их минералов. Общая тенденция отражает большее участие коровых процессов в формировании орогенных руд золота в фанерозое. Изотопный состав свинца галенитов и арсенопиритов указывает на нижне-коровые источники металлов и значительную роль мантийного вещества в формировании древних месторождений и месторождений орогенных поясов границ скольжения плит — трансформных окраин.

ЛИТЕРАТУРА

Айрияц Е.В., Жмодик С.М., Миронов А.Г., Боровиков А.А., Борисенко А.С., Очиров Ю.Ч. Золото-ртутный и золото-серебряный типы оруденения в Восточном Саяне: минеральный состав, физико-химические условия образования // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (3), с. 273—285.

Акинин А.В., Прокопьев А.В., Торо Дж., Миллер Э.Л., Вуден Дж., Горячев Н.А., Альшевский А.В., Бахарев А.Г., Трунилина В.А. U-Pb SHRIMP возраст гранитоидов Главного батолитового пояса (северо-восток Азии) // ДАН, 2009, т. 426, № 2, с. 111—116.

Алексеев В.Ю., Прокофьев В.Ю., Волков А.В. Физико-химические параметры и генезис золото-рудной минерализации Карелии (Россия) // Материалы XIII Международной конференции по термобарогеохимии и IV симпозиума APFIS. М., ИГЕМ РАН, т. 2, 2008, с. 177—180.

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

Астахов А.С., Колосов Г.М., Дударев О.В., Иванов М.В., Колесников А.Н. Благородные металлы в донных осадках Чукотского моря // Геохимия, 2010а, т. 48, № 12, с. 1208—1219.

Астахов А.С., Горячев Н.А., Михалицына Т.И. Об условиях формирования обогащенных золотом горизонтов рудовмещающих черносланцевых толщ (на примере пермских и современных морских отложений северо-востока Азии) // ДАН, 2010б, т. 430, № 2, с. 212—217.

Балейское рудное поле (геология, минералогия, вопросы генезиса) / Ред. Н.П. Лаверов. М., Недра, 1984, 227 с.

Борисенко А.С., Жмодик С.М., Наумов Е.А., Спиридонов А.М., Берзина А.Н. Возрастные рубежи формирования золотого оруденения Восточного Забайкалья // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Т. 1. М., ИГЕМ РАН, 2010, с. 82—83.

Борисенко А.С., Спиридонов А.М., Изох А.Э., Прокопьев А.В., Лебедев В.И., Гаськов 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, Ag и редкометалльные) // Проблемы минерагении России (специальный выпуск электронного журнала Вестник ОНЗ РАН doi: 10.2205/2012mine-rageny-2012). М., ГЦ РАН, 2012, с. 237—252.

Вольфсон А.А. Геолого-генетические особенности золото-кварцевого месторождения «Майское» (Северная Карелия). М., ИГЕМ, 2004, 28 с.

Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. М., GEOS, 2000, 222 с.

Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарев А.Г., Колесниченко П.П., Зайцев А.И., Диман Е.Н., Бердников Н.В. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах северо-востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2013, 196 с.

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.

Гамянин Г.Н., Прокофьев В.Ю., Горячев Н.А. Рудообразующие флюиды золото-висмутовых месторождений Северо-Востока России // Золото северного обрамления Пацифика. Тезисы докл. II Международного горно-геологического форума, посвященного 110-летию со дня рождения Ю.А. Билибина (Магадан, 3—5 сентября 2011 г.). Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2011, с. 79—80.

Гармаев Б.Л. Золото-теллуридный и золото-висмутовый минеральные типы оруденения западного фланга Боксон-Гарганской металлогенической зоны (Восточный Саян): Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Улан-Удэ, 2011, 26 с.

Гармаев Б.Л., Дамдинов Б.Б., Горячев Н.А. Минеральные типы золотого оруденения юго-восточной части Восточного Саяна // Геология и минеральные ресурсы Северо-Востока России. Материалы Всероссийской конференции, Якутск 29—30 марта 2012. Якутск, СВФУ, 2012, т. 1, с. 85—89.

Геодинамика, магматизм и металлогения востока Азии / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток, Дальнаука, 2006, кн. 1, с. 1—572; кн. 2, с. 573—981.

Геология и рудоносность Восточного Саяна / Н.Л. Добрецов, В.Г. Беличенко, Р.Г. Боос, Ю.П. Бутов, И.В. Гордиенко, С.М. Жмодик, В.И. Игнатович, А.А. Куликов, В.А. Люшкин, А.А. Постников, С.В. Рассказов, П.А. Рощектаев, Е.В. Складаров, В.Г. Скопинцев, Г.Б. Шуляк. Новосибирск, Наука, 1989, 127 с.

Генкин А.Д., Евстигнеева Е.Л., Коваленкер В.А. Минералы платиновых металлов медно-никелевых руд и некоторые вопросы их генезиса // Сульфосоли, платиновые минералы и рудная микроскопия (Материалы XI Съезда ММА, Новосибирск 4—10 сентября 1978 г.). М., Наука, 1980, с. 165—171.

Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А., Хорошилов В.Л., Чиненов В.А. Платиноносность золоторудных месторождений в черносланцевых толщах северо-востока: проблемы и перспективы // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М., Геоинформмарк, 1995, т. 2, кн. 2, с. 156—161.

Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2002, 250 с.

Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов северо-востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 1998, 210 с.

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

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. Всерос. конф. Апатиты, К&М, 2010а, 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, 26—28 января 2010 г. Т. 1. М., МАКС Пресс, 2010б, с. 81—92.

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., Ньюберри Р.Дж., Чарч С.Е. Контраст в свинцово-изотопных характеристиках золоторудных месторождений северо-востока Азии и Аляски // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Т. 1. Геология, геохронология и геохимия. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2000, с. 149—157.

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

Горячев Н.А., Викентьева О.В., Бортников Н.С., Прокофьев В.Ю., Алпатов В.В., Голуб В.В. Наталкинское золоторудное месторождение мирового класса: распределение РЗЭ, флюидные включения, стабильные изотопы кислорода и условия формирования руд (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений, 2008, № 5, с. 414—444.

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., Горячева Е.М., Михалицына Т.И., Маньшин А.П. Оценка Au-Pt-Pd-Ni в рудах типовых месторождений (Наталка, Дегдекан) в черносланцевых толщах Яно-Колымского золоторудного пояса // Проблемы минерации России (специальный выпуск электронного журнала Вестник ОНЗ РАН doi: 10.2205/2012minerageny-2012). М., ГЦ РАН, 2012, с. 325—336.

Громова Е.И. Вещественный состав руд одного из золоторудных месторождений в Восточном Саяне // Материалы по геологии рудных месторождений Западного Забайкалья (Тр. ВСГИ СО АН СССР. Вып. 1.) Иркутск, Иркут. кн. изд-во, 1960, с. 79—114.

Дамдинов Б.Б., Миронов А.Г., Борисенко А.С., Гунтыпов Б.Б., Карманов Н.С., Боровиков А.А., Гармаев Б.Л. Состав и условия формирования оруденения золото-теллуридного типа в Тисса-Сархойской золотоносной провинции (Восточный Саян) // Геология и геофизика, 2007, т. 48 (8), с. 833—847.

Дамдинов Б.Б., Гармаев Б.Л., Миронов А.Г., Дашинимаяев З.Б. Золото-висмутовый тип оруденения в юго-восточной части Восточного Саяна // Докл. РАН, 2009, т. 425, № 2, с. 208—212.

Дриль С.И., Герасимов Н.С., Сасим С.А., Владимирова Т.А., Спиридонов А.М., Ильина Н.Н., Чуканова В.С. Изотопная эволюция Pb некоторых модельных золоторудных и полиметаллических месторождений Монголо-Охотского складчатого пояса // Современные проблемы геохимии. Материалы

Всероссийского совещания (с участием иностранных ученых), посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона 22—26 октября 2012 г. Иркутск, Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. Т. 2, с. 218—220.

Жмодик С.М., Мионов А.Г., Жмодик А.С. Золотоконцентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкальского региона). Новосибирск, Академическое изд-во «ГЕО», 2008, 304 с.

Изох А.Э., Горячев Н.А., Альшевский А.В., Акинин В.В. Сохатиный дифференцированный габбро-монцодиоритовый интрузив как пример синбатолитовых габброидов Яно-Колымской системы // Докл. РАН, 2011, т. 444, № 2, с. 180—183.

Коробейников А.Ф. Мантийно-коровые рудообразующие системы комплексных месторождений благородных и редких металлов. Томск, Изд-во ТПУ, 2007, 130 с.

Кулешевич Л.В. Золотое оруденение Карелии: закономерности локализации и обстановки формирования // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию Н.В. Петровской. (Москва, ИГЕМ РАН, 29—31 марта 2010 г.) т. I. М., ИГЕМ РАН, 2010, с. 307—309.

Кулешевич Л.В., Тытык В.М., Коротаева Н.Н. Минералогия руд и окколорудноизмененных пород золото-полиметаллического месторождения Лобаш-1 (Карелия) // Зап. ВМО, 2004, № 4, с. 39—51.

Пересторонин А.Е. Золотосульфидные месторождения Приамурья (геологическое строение, закономерности размещения рудных тел и состав руд): Автореф. дис... к.г.-м.н. Благовещенск, 2005, 24 с.

Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Вольфсон А.А. и др. Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералого-геохимические особенности, вопросы генезиса // Геология рудных месторождений, 2003, т. 45, № 5, с. 429—451.

Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Зверев А.И., Оябрь В.К., Власов В.С., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А., Землянский С.А. Модели месторождений золота Енисейской Сибири. Красноярск, СФУ, 2010, 584 с.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1976, 688 с.

Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск, Академическое изд-во «ГЕО», 2006, 291 с.

Стружков С.Ф., Кряжев С.Г., Наталенко М.В., Голубев С.Ю. Отличия золото-кварцевых и золото-полисульфидно-кварцевых месторождений Центральной Колымы по термобарогеохимическим данным // Материалы XIII Международной конференции по термобарогеохимии и IV симпозиума APFIS. М., ИГЕМ РАН, 2008, т. 2, с. 124—127.

Сухов В.И., Бакулин Ю.И., Лошак Н.П., Хитрунов А.Т., Родионова Л.Н. Металлогения Дальнего Востока России. Хабаровск, ДВИМС, 2000, 217 с.

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., Наука/Интерпериодика, 2001, 572 с.

Феофилактов Г.А. Минеральные ассоциации и особенности вещественного состава руд месторождений золота одного из районов Восточного Саяна // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Вып. X. Улан-Удэ, Бурятское кн. изд-во, 1966, с. 169—187.

Феофилактов Г.А. О моноасцендентном характере эндогенной зональности вокруг рудоносной интрузии на примере Урик-Китойского золоторудного узла // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Вып. XIII. Улан-Удэ, Бурятское кн. изд-во, 1970, с. 11—20.

Феофилактов Г.А. О механизме структурного контроля золотого оруденения Зун-Холбинского месторождения (Восточный Саян) // Геология рудных месторождений, 1992, № 4, с. 100—106.

Ханчук А.И., Плюснина Л.П., Никитенко Е.М., Кузьмина Т.В., Баринов Н.Н. Распределение благородных металлов в черных сланцах золоторудного месторождения Дегдекан // Тихоокеанская геология, 2011, № 2, с. 3—11.

Шило Н.А., Гончаров В.И., Альшевский А.В., Ворцепнев В.В. Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. М., Наука, 1988, 181 с.

Barnes S.J., Lightfoot P.C. Formation of magmatic nickel sulfide ore deposits and processes affecting their copper and platinum group element contents // Econ. Geol. One Hundredth Anniversary Volume 1905—2005. Society of Economic Geologists, Littleton, Colorado, US, 2005, p. 179—213.

Cluer J.K., Kotlyar B., Gantsentseg O., Togtokh D., Wood G., Ullrich T. Geology of the Boroo gold deposit, Northern Mongolia // Geodynamics and metallogeny of Mongolia with special emphasis on copper and gold deposits / Eds. R. Seltman, O. Gerel, D.J. Kirwin. SEG-IAGOD Field Trip, 14—16 August 2005, 8th Biennial SGA Meeting. IAGOD Guidebook Series 11: CERCAMS/NHM London, 2005, p. 105—117.

Eilu P. FINGOLD — a public database on gold deposits in Finland / Geol. Surv. Finland. Report of Investigation 146. Espoo, 1999, 224 p.

- Eilu P., Sorjonen-Ward P., Nurmi P., Niiranen T.** A review of gold mineralization styles in Finland // *Econ. Geol.*, 2003, v. 98, № 7, p. 1329—1353.
- Goldfarb R.J., Baker T., Dube B., Groves D.I., Hart C.J.R., Gosselin P.** Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes // *Econ. Geol.*, 100 th Anniversary volume, 2005, p. 407—450.
- Goryachev N.A.** Granitoid-related and granitoid-hosted Au lode deposits of northeast Asia // *Ores and ore genesis. A symposium honoring the career of William Dickinson. Program and abstracts. Monday September 24 — Sunday September 30, 2007. Tucson, Arizona, 2007*, p. 106.
- Goryachev N.A., Sotskaya O.T., Goryacheva E.M., Mikhailsynina T.I.** Platinum-group minerals in orogenic gold ores of Far East Russia // *LIMA 2012 XVI Peruvian Geological Congress & SEG 2012 Conference. 2012 SEG CD Abstract № 41*.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F.** Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // *Ore Geol. Rev.*, v. 13, 1998, p. 7—27.
- Johanson B., Kojonen K.** Ore mineralogy of gold occurrences in the Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland // *Geological Survey of Finland Current Research 1988. Geological Survey of Finland Special Paper 10*. Espoo, 1989, p. 49—52.
- Johanson B., Tornroos R., Kojonen K.** Thallian silver telluride from Korvilansuo gold prospect in Archaean Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland // *Geological Survey of Finland Current Research 1989—1990. Geological Survey of Finland Special Paper 12*. Espoo, 1991, p. 91—96.
- Kerrich R., Goldfarb R., Groves D., Garwin S., Jia Yifei.** The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces // *Science in China (ser. D)*, 2000, v. 43, p. 1—68.
- Kojonen K., Johanson B., Sipila E.** The Kimala gold deposit in Haapavesi, western Finland // *Geological Survey of Finland Current Research 1989—1990. Geological Survey of Finland Special Paper 12*. Espoo, 1991, p. 75—79.
- Kontoniemi O., Johanson B., Kojonen K., Pakkanen L.** Ore mineralogy of the Osikonmaki gold deposit, Rantasalmi, southeastern Finland // *Geological Survey of Finland Current Research 1989—1990. Geological Survey of Finland Special Paper 12*. Espoo, 1991, p. 81—89.
- Korkiakoski E.A.** Geology and geochemistry of the metakomatiite-hosted Pahtavaara gold deposit in Sodankylä, northern Finland, with emphasis on hydrothermal alteration. *Geological Survey of Finland Bull. 360*. Espoo, 1992, 96 p.
- Lehtonen M., Airo M.-L., Eilu P., Hanski E., Kortelainen V., Lanne E., Manninen T., Rastas P., Räsänen J., Virransalo P.** Kittilän vihreäkivialueen geologia. The stratigraphy, petrology, and geochemistry of the Kittilä greenstone area, northern Finland. *Geological Survey of Finland. Report of Investigation 140*. Espoo, 1998, 144 p.
- Luukkonen A.** Main geological features, metallogeny and hydrothermal alteration phenomena of certain gold and gold-tin-tungsten prospects in southern Finland. *Geological Survey of Finland Bull. 377*. Espoo, 1994, 153 p.
- McCoy D.T., Newberry R.J., Layer P.W., DiMarchi J.J., Bakke A.A., Masterman J.S., Minehane D.L.** Plutonic-related gold deposits of interior Alaska // *Econ. Geol. Monograph 9*, 1997, p. 191—241.
- Newberry R.J., McCoy D.T., Brew D.A.** Plutonic-hosted gold ores in Alaska — igneous versus metamorphic origin // *Res. Geol. Special Issue*, 18, 1995, p. 57—100.
- Nurmi P., Ward P.** Geology and gold mineralization in the Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland // *Geological Survey of Finland Current Research 1988. Geological Survey of Finland Special Paper 10*. Espoo, 1989, p. 45—48.
- Nurmi P.A., Lestinen P., Niskavaara H.** Geochemical characteristics of mesothermal gold deposits in the Fennoscandian Shield, and a comparison with selected Canadian and Australian deposits. *Geological Survey of Finland Bull. 351*. Espoo, 1991, 101 p.
- Poutiainen M., Partamies S.** Fluid inclusion characteristics of Auriferous Quartz Veins in Archean and Paleoproterozoic Greenstone Belts of Eastern and Southern Finland // *Econ. Geol.*, 2003, v. 98, № 7, p. 1355—1369.
- 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, March 20—24, 2012. Abstracts. Ulan-Ude, 2012*, p. 27.
- Ward P., Harkonen I., Nurmi P., Pankka H.S.** Structural studies in the Lapland Greenstone belt, northern Finland and their application to gold mineralization // *Geological Survey of Finland Current Research 1988. Geological Survey of Finland Special Paper 10*. Espoo, 1989, p. 71—77.

*Поступила в редакцию
23 сентября 2013 г.*