

РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ

Г.Н. Гамянин, Н.А. Горячев*, Н.Е. Савва*

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 678980, Якутск, просп. Ленина, 39, Россия

** Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, 685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия*

Рассматриваются взаимосвязи региональных рудно-магматических систем (РМС) и металлогенических поясов золота и серебра северо-востока Азии, обусловленные влиянием геодинамических обстановок, подстилающих и вмещающих комплексов на условия локализации месторождений золота и серебра разных типов. Подчеркивается удивительная выдержанность металлогенических поясов на определенные рудно-формационные типы месторождений с присущими им минералого-геохимическими особенностями, что определяется существованием региональных благороднометалльных РМС. Приводятся примеры региональных РМС, в которых функционируют одно-, двух- и многоуровневые локальные РМС, продуцирующие различные типы благороднометалльного оруденения.

Впервые поднята проблема типоморфизма минералов в металлогеническом анализе, который позволяет выявить: индикаторы условий формирования оруденения (принадлежность месторождений к тому или иному генетическому типу, уровню их формирования, эрозионному срезу), источники компонентов рудообразующего флюида, региональные геохимические особенности и связь с магматизмом.

Подчеркивается закономерный характер платиноносности золотоносных металлогенических зон.

Металлогенические пояса, рудно-магматические системы, благородные металлы, типы оруденения.

ORE-MAGMATIC SYSTEMS AND METALLOGENY OF GOLD AND SILVER IN NORTHEASTERN ASIA

G.N. Gamyarin, N.A. Goryachev, and N.E. Savva

Relationships between regional ore-magmatic systems (OMSs) and metallogenic gold-silver belts in northeastern Asia are considered. The relationships are the result of the effect of geodynamic settings and underlying and host rock sequences on the localization of gold and silver deposits of different types. Particular ore-formational types of deposits with specific mineralogical and geochemical features are persistent throughout the metallogenic belts owing to the presence of regional noble-metal OMSs. Regional OMSs with one-, two-, and multilevel local OMSs producing different types of noble-metal mineralization are described.

The problem of mineral typomorphism in metallogenic analysis has been first considered. This analysis permits one to recognize indicators of mineralization formation (belonging of deposits to a particular genetic type, their formation and denudation levels), the sources of ore-forming fluids, regional specific geochemistry, and its relationship with magmatism.

Regular presence of platinum in gold-bearing metallogenic zones is shown.

Metallogenic belts, ore-magmatic systems, noble metals, types of mineralization

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в исследованиях по металлогении благородных металлов, прежде всего золота и серебра, можно выделить три направления: 1) традиционное, направленное на характеристику региональной металлогении через описание месторождений, рудных полей, узлов и рудно-магматических систем (РМС) разных тектонических структур и геодинамических обстановок; 2) минералого-геохимическое, нацеленное на выявление металлогенических индикаторов условий формирования того или иного типа оруденения; 3) исследования по платиноносности золоторудных месторождений, имеющие, на наш взгляд, важное значение как для металлогении благородных металлов Дальнего Востока, так и для понимания процессов рудогенеза и геохимии благородных металлов.

Главной проблемой первого направления является определение влияния геодинамических обстановок и подстилающих и вмещающих комплексов на условия локализации месторождений золота и серебра разных типов. Важным аспектом при этом является вопрос о региональных и локальных закономерностях в распределении благороднометалльной минерализации в разных тектонических структурах. Сравнение вулканогенного золото-серебряного оруденения разновозрастных вулканогенных поясов в интервале от палеозоя до современности показало закономерное положение разных его минералого-геохимических типов относительно палеоокраин континентов и эволюцию их состава в пространстве и времени [Гамянин и др., 2004; Округин и др., 2004; Gamyarin et al., 2004], принадлежность месторождений к тому или иному

генетическому типу, уровню их формирования, эрозионного среза, дало информацию об источниках компонентов рудообразующего флюида, региональных геохимических особенностях и связи оруденения с магматизмом. Выявленные закономерности распределения разных типов золотой и серебряной минерализации, изотопного состава серы рудных минералов коррелируют как с положением месторождений в тектонических блоках разного состава и с разным фундаментом (вопросы унаследованности), так и с их разной геодинамической позицией и ассоциациями в РМС [Гамянин и др., 2003в, 2004, 2006; Горячев, 2003]. Учет вклада каждого из этих факторов весьма важен, поскольку позволяет нам более аргументированно приблизиться к пониманию процессов благороднометалльного рудогенеза.

РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

Обычно металлогенические построения и РМС рассматриваются в отрыве друг от друга, хотя они являются звеньями единого тектоно-металлогенического цикла развития определенных участков земной коры. Наши исследования по металлогении золота и серебра [Горячев, Гамянин, 2006] свидетельствуют об удивительной выдержанности металлогенических зон и поясов на определенные рудно-формационные типы месторождений с присущими им минералого-геохимическими особенностями. Такое явление вряд ли было бы возможным, если бы не существовала общность генезиса месторождений, определяющих специализацию разноранговых металлогенических единиц. Эта общность обусловлена существованием благороднометалльных РМС.

Под рудно-магматической системой нами понимается совокупность геологических процессов, приводящая к возникновению магматических расплавов, проникновению их на верхнекоровые уровни и генерации ими рудоносных флюидов в разные периоды эволюции [Гамянин, Горячев, 1991; Гамянин и др., 2003в]. Продуктами действия такой системы являются конкретные рудно-магматические узлы (РМУ) и пояса. Генетическая взаимосвязь магматических и рудных процессов определена существующими признаками, к которым относятся [Гамянин и др., 1998, 2003]: структурно-геологические, геохронологические, минералогические (акцессорные минералы, типоморфизм минералов), геохимические (типоморфные элементы пород и руд), изотопные.

Изучение многочисленных конкретных РМС в пределах различных складчатых поясов дает основание считать, что конкретные РМУ являются локальными вещественными выражениями эволюции региональной, единой РМС, отвечающей металлогеническому поясу.

Примеры и условия формирования локальных золоторудных РМС обсуждались нами в специальной монографии [Гамянин и др., 2003в], а проблеме региональных РМС внимания было уделено недостаточно [Гамянин и др., 1999; Горячев и др., 1999; Горячев, 2006]. Любая РМС функционирует определенное и довольно длительное время и проходит три фазы: зарождение, развитие, отмирание. Однако возникновение и эволюция таких РМС с формированием РМУ невозможна в отрыве от тектонических процессов. Поскольку конкретные РМУ являются локальными вещественными выражениями эволюции региональной, единой рудно-магматической системы, то именно этим объясняется формирование металлогенических поясов с определенными типами рудной минерализации, характеризующимися удивительной выдержанностью не только вещественного состава, но и типоморфных признаков минералов при огромной протяженности этих поясов. В пределах региональных РМС выделяются разнообразные геолого-генетические типы благороднометалльного оруденения [Гамянин и др., 2003а,в; Горячев, 2003, 2006; Округин, 2004]: золото-мышьяк-сульфидный (Au-As-S-Fe-Cu-Ni-Co-Pt-Pd); золото-кварцевый с колымским (Au-As-Sb-S-Pb-W-Fe) и кордильерским или калифорнийским (Au-As-S-Te-Ni-W-Cu-Fe) подтипами; золото-висмутовый (золото-редкометалльный) (Au-As-Bi-S-Te-Se-Sb-Ni-Co-W-Mo-Cu-Fe) — жильный, грейзеновый, скарновый, порфиновый; золото-серебро-кварцевый (Au-Ag-Sb-S-Pb), золото-серебряный (Au-Ag-Sb-S-Se-Te-Cu-Pb-As-Fe), с много- и малосульфидными подтипами (high и low sulphide); золото-сурьмяно-ртутный (Au, Sb, Hg, As); эпитермальный серебро-сурьмяный (Ag-Sb-S-Pb-Au), вулканогенный сереброносный барит-колчеданно-полиметаллический (Ag-Pb-Zn-Cu-S-Ba), серебро-полисульфидно-оловянный (Ag-Sn-Cu-Zn-As-S-Pb), серебро-редкометалльный (Ag-Co-Bi-Ni-As-Se-Te-Au-Zr) и серебро-свинцово-цинковый (Ag-Pb-Zn-Cu-S). Каждый из выделенных типов имеет свои особенности геологического положения и минерального состава, рассмотренные нами в указанных публикациях.

Исходя из признаков связи магматизма и оруденения [Гамянин и др., 1998, 2003в; Козлов, 2005; Кочетков, 2006], выделяются РМС плутоногенной (гранитоидной) и вулканогенной линии, различающиеся уровнями заложения систем, их кристаллизации и формирования оруденения. К первым относятся золоторудные и олово-серебряные РМС, уровень генерации которых нижнекоровый, эволюция и становление проходили в верхней коре промежуточных магматических камер на уровне 6—18 км, а дериваты этих камер и оруденение формировались на уровне 1.5—3 км. Уровень генерации вулканогенных РМС нижнекоровый, что подтверждается сочетанием в пространстве кислого и базитового вулканизма (существование промежуточных камер проблематично), или гипабиссальный, а уровень локализации магматиче-

Таблица 1.

Этапы минералообразования в пределах золотоносных РМУ

Рудно-магматический узел				
Этап	Курумо-Гельдинский	Басугунынский	Эргеляхский	Школьный
1	Золото-кварцевый (метаморфогенный)	Золото-сульфидный	Золото-кварцевый (магматогенный)	Золото-висмутовый
2	Золото-кварцевый (магматогенный)	Золото-кварцевый (магматогенный)	Золото-висмутовый	Золото-серебро-кварцевый
3	Золото-висмутовый	Золото-висмутовый	Золото-серебряный	Золото-серебро-сурьмяный
4	Серебро-полиметаллический	—	—	—

ских образований поверхностный и гипабиссальный, оруденения — приповерхностный. По типу эволюции локальных РМС мы выделяем: а) — **одноуровневые РМС (Эргеляхский, Аркачанский, Басугунынский РМУ и др.)**, сформированные одноактным внедрением гипабиссальных магматических образований, характеризующихся тесной генетической связью магматизма и оруденения, формирующегося в один моно- или полистадийный этап (табл. 1, 2). Производные этой системы — месторождения и рудные поля; б) — **двухуровневые РМС (Дукатский РМУ и др.)**, формирование которых происходит также в один тектономагматический цикл (см. табл. 2), но в два и более этапов проявления магматизма и оруденения, с генерацией рудообразующих флюидов как из промежуточной магматической камеры, так и из гипабиссальной. Данные РМС формируют рудные узлы, в которых проявляется не только стадийная, но и этапная минералогическая зональность; в) — **многоуровневые РМС (Курумо-Гельдинский, Прогнозный, Купольный, Нявленгинский, Джульеттинский РМУ и др.)** функционируют в продолжении как минимум двух тектономагматических циклов, отчетливо контролируются наиболее активными блоками земной коры, характеризуются наличием магматических и рудных образований разных уровней генерации и внедрения. Для них свойственно совмещение разных типов оруденения и формирование полиформационных месторождений.

К региональным РМС относятся крупные тектонические структуры земной коры, геологическое развитие которых способствовало возникновению и функционированию рудно-магматических систем и в которых проявлена пространственно-временная ассоциация месторождений благородных металлов и магмопроявлений (табл. 3). Для Северо-Востока России можно выделить [Гамянин, 2006]: 1 — Яно-Колымскую, Верхоянскую, Улахан-Тас-Чукотскую (или Олойско-Чукотскую) региональные золоторудные РМС гранитоидной линии с многочисленными мезотермальными золоторудными и золото-висмутовыми (золото-редкометалльными) месторождениями; 2 — Верхоянскую и Омсукчанскую серебро-оловорудные РМС гранитоидной линии с гипабиссальными серебро-оловорудными и серебро-полиметаллическими месторождениями; 3 — Охотско-Чукотскую, Уяндино-Ясачнинскую и Адыча-Тарынскую золоторудные и золото-серебряные РМС вулканогенной линии, в которых развиты комплексные золото-серебряные месторождения; 4 — Омолонскую региональную благороднометалльную РМС с разнообразными полихронными месторождениями золота и серебра (табл. 4).

Древние рудопроявления Омолонской золоторудной системы (ЗРС) несут в себе черты смешанного состава — золото-кварцевого и золото-редкометалльного, при преобладании основных черт золото-кварцевого. В рудах присутствуют теллуриды золота и серебра. Палеозойское Au-Ag оруденение Омолонского блока характеризуется высоким Au-Ag отношением, относительно простым составом руд, тесной связью золота с кварцем. В мезозойских месторождениях этого типа увеличивается разнообразие минералов за счет расширения спектра сульфосолей и повышения роли теллур- и селеносодержащих минералов.

Главными факторами зарождения рудно-магматических систем являются тектонические движения земной коры, способствующие генерации магматических расплавов и формированию путей их внедрения. К таковым относятся формирование коллизионных и аккреционных складчатых поясов, региональные

Таблица 2.

Этапы минералообразования на месторождениях серебра

Этап	Прогноз	Купольное	Депутатское	Мангазейское	Дукат
1	Золото-висмутовый	Касситерит-силикатный	Золото-редкометалльно-касситерит-силикатный	Золото-висмутовый	Сульфидно-вкрапленный
2	Касситерит-сульфидный	Касситерит-силикатно-сульфидный	Касситерит-силикатно-сульфидный	Касситерит-силикатно-сульфидный	Серебро-сульфидный
3	Серебро-полиметаллический	Серебро-сурьмяный	Серебро-полиметаллический	Серебро-полиметаллический	Серебро-редкометаллический

Таблица 3. Взаимоотношение разнотипного золотого оруденения и продуктов орогенных процессов в ЗРМС разновозрастных орогенных поясов обрамления Сибирского кратона [Горячев, 2006, с изменениями]

Зона РМС	Орогенный магматизм и его возраст, млн лет	Тип орогенных месторождений Au и их возраст, млн лет	$\delta^{34}\text{S}$ (‰) сульфидов Au месторождений
Верхоянская	Граниты <i>I</i> - и <i>S</i> -типа (150—135; 125—110; 100—80) обогащены Sr и обеднены Rb. $\text{Sr}_0 = 0.706\text{—}0.711$. Дайки основных и средних пород, лампрофиров	Золото-висмутитовый (125—120) и золото-кварцевый (120—100)	Золото-висмутитовый (–0.3...+13.3) и золото-кварцевый (–2...+3)
Монголо-Охотская	Граниты <i>I</i> - и <i>S</i> -типа (175—145; 130—120) обеднены Sr, обогащены B. $\text{Sr}_0 = 0.705\text{—}0.715$. Дайки средних и кислых пород, реже лампрофиров	Золото-висмутитовый (160—125) и золото-кварцевый (160—120)	Золото-висмутитовый (+0.7...+5.4) и золото-кварцевый (+0.7...+7.8)
Яно-Колымская	Интенсивный гранитный магматизм <i>S</i> - и <i>I</i> -типа (155—137; 125—115). $\text{Sr}_0 = 0.705\text{—}0.710$. Широко распространены дайки диоритового и гранит-порфирового состава	Золото-сульфидный (≥ 145), золото-кварцевый (145—135; 128—115), золото-висмутитовый (149—140)	Золото-висмутитовый (–18...–6.7), золото-кварцевый (–14.6...+3.5) и золото-сульфидный (–5.6...–6.4)
Олойско-Чукотская	Интенсивный гранитный магматизм (140—120; 100—90) <i>I</i> -типа и незначительный <i>S</i> -типа. $\text{Sr}_0 = 0.705\text{—}0.708$. Дайки диоритов и гранит-порфиров	Золото-кварцевый (125—100) и золото-висмутитовый (125—105)	Золото-висмутитовый (–10.3...+6.0) и золото-кварцевый (–7.8...–1.4)
Сихотэ-Алиньская	Граниты <i>I</i> - и редко <i>S</i> -типа (125—105) обеднены Rb. $\text{Sr}_0 = 0.703\text{—}0.709$. Проявлены дайки средних и кислых пород	Золото-висмутитовый (120—100) и золото-кварцевый (110—90)	Золото-висмутитовый (нет данных) и золото-кварцевый (–2.0...–3.9)

РМС которых возникли в результате плутонометаморфических процессов — ветвь зонального метаморфизма и ультраметаморфизма (жильный и вкрапленный морфологические типы золото-сульфидной и золото-кварцевой минерализации); ветвь плутоническая (дайковый золото-кварцевый и золото-висмутитовый типы). Эти процессы приводят к закономерному фракционированию изотопов серы сульфидных минералов руд от относительно тяжелой серы ранних этапов к легкой — на поздних этапах.

Сиалический профиль областей генерации магматических расплавов на северо-востоке Азии в целом обусловил их региональную геохимическую оловянно-благороднометалльную специализацию. Образующиеся в дальнейшем магматические очаги в процессе их развития и становления генерируют рудоносный флюид. Его металлогеническая специализация зависит, прежде всего, от условий развития региональных систем. В частности, золоторудно-магматические системы развиваются в условиях сжатия, характерных для начальных моментов коллизии [Гамянин и др., 2003в]. Формирование промежуточных магматических очагов происходит на глубинах 15—18 км, генерируемые ими флюиды имеют преимущественно бикарбонатно-хлоридный состав. Серебро-оловорудные РМС функционируют в условиях расширения, сменившего сжатие. Становление их промежуточных камер происходит на глубинах 6—10 км, а генерируемые ими рудоносные флюиды имеют фтор-бор-бикарбонатный состав. Реактивизация магматического очага приводит нередко к метаморфизму оруденения, связанного с ранним магматическим этапом, перераспределению вещества и отложению новых типов руд. Совмещение последних с ранними рудами в общих рудо локализирующих структурах приводит к формированию крупных полихронных месторождений и многометалльных металлогенических зон.

Благороднометалльные РМС вулканогенной линии начинают функционировать в период повторной тектономагматической активизации с зарождением магматических расплавов на нижнекоровых уровнях. Источник вещества рудоносных флюидов всех РМС преимущественно магматогенный, но на путях движения растворов происходит их взаимодействие с вмещающей средой и вовлечение ряда компонентов во флюид, а на уровнях их разгрузки — взаимодействие с метеорными водами.

Таблица 4. Этапы минералообразования в пределах региональной сложной Омолонской РМС

Возрастной этап	Тип оруденения			
	Докембрий	Золото-кварцевый магматогенный	Золото-сульфидный	Железистые кварциты
Ранний палеозой	Золото-кварцевый	Золото-висмутитовый	Молибденит-кварцевый	Серебро-арсенидный
Средний палеозой	Золото-серебряный	Медно-порфировый	Золото-серебряный-джаспероидный	Золото-сульфидно-кварцевый
Поздний мезозой	Золото-серебряный	Молибден-порфировый	Железорудных скарнов	—

Еще одна проблема — источник вещества и флюида. Прежде всего, она обусловлена малым количеством работ, нацеленных на изотопно-геохимические исследования стабильных и радиогенных изотопов в минералах месторождений золота и серебра. Первые данные по месторождениям Северо-Востока России показали, что рудное вещество, скорее всего, является производным нижней коры, а для флюидов наиболее вероятен множественный источник с преобладанием верхнекорового [Гамянин, Горячев, 2000; Горячев, Гамянин, 2000а,б; Гамянин и др., 2004; Горячев, 2006]. Эта проблема имеет фундаментальное значение, так как является основой для всех генетических построений и, естественно, требует повышенного внимания.

Для месторождений различных типов РМС свойственны только им присущие типы рудоспождающих метасоматитов: золоторудных — березитизация; серебро-оловянных — турмалинизация, хлоритизация, карбонатизация; золото-серебряных — пропицитизация, аргиллизация.

ТИПОМОРФИЗМ МИНЕРАЛОВ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

Второе направление — минералого-геохимическое, нацеленное на выявление металлогенических индикаторов условий формирования того или иного типа оруденения. Сам термин „металлогения“ предопределяет необходимость генетического анализа распространенности месторождений определенных генетических рангов. К сожалению, в большинстве металлогенических построений превалирует формальный подход к рудной нагрузке металлогенических карт, в основу которого положено лишь присутствие того или иного металла. Это не дает достаточно объективного анализа распространенности во времени и пространстве месторождений определенного генетического класса, обусловленного общими условиями формирования. Важным фактором в металлогеническом анализе благороднометалльной минерализации является типоморфизм минералов рудных месторождений. Минералы являются источником информации о принадлежности месторождений к тому или иному генетическому типу, уровню их формирования, эрозионного среза, об источниках компонентов рудообразующего флюида, региональных геохимических особенностях и связи оруденения с магматизмом.

Типизация оруденения при металлогеническом анализе территорий уже на уровне рудопроявлений диктуется необходимостью определения перспективности рудного поля, узла, зоны. В связи с тем, что на стадии поисков не всегда имеется возможность отнесения выявленного рудопроявления к определенному типу по визуальным геолого-минералогическим признакам, возникает потребность привлечения к этому типоморфных особенностей главных минералов руд. К числу минералов-индикаторов формационной принадлежности относятся кварц, пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, карбонаты [Гамянин, 2001].

Уникален в этом отношении **кварц** (табл. 5), который является главным минералом всех типов месторождений, распространенных на территории северо-востока Азии и который не подвержен гипергенным преобразованиям.

Арсенопирит, подобно кварцу, характерен для всех типов оруденения северо-востока Азии. К типоморфным признакам формационного расчленения относятся сернистость, термоэлектрические свойства и элементно-примесный состав арсенопирита. Индикаторными для арсенопирита близповерхностных месторождений являются высокие концентрации Sb: 1—15 % для золото-серебряных месторождений и 0.1—3 % в серебро-полиметаллических. Более важным для арсенопирита разных типов месторождений является не содержание отдельных элементов, а отношения геохимически близких ассоциаций элементов: Pb и Sb, Ag и Sb, характеризующие сульфосольную ассоциацию, Cu и Zn, определяющие ассоциацию полиметаллов, Co и Ni, относящиеся к ранней сульфидной ассоциации. Форма-

Таблица 5. Типоморфные свойства жильного кварца

Формация	Тип кварца	n	Интенсивность ЕТЛ, у.е.			СКС %	V _{э.я.} Å·10 ³	Li ₂ O г/т	H ₂ O %	pH	K/Na
			I ₁	I ₂	I ₁ /I ₂						
Метаморфогенная	Молочно-белый	11	0—20	15—30	0.76	67	112.95	0—2	<0.1	6.5	0.97
Золото-кварцевая	»	124	178**	88	1.76	57	112.97	10.2	0.16	6.6	1.84
Золото-висмутовая	Полупрозрачный, сливной	33	73	123	0.62	65	112.96	21	0.12	6.8	1.53
Золото-серебряная	Шестоватый, сферолитовый	42	582	—	—	40	113.12	380	0.3	6.9	2.28
Касситерит-сульфидная	Полупрозрачный, сливной	27	54	146	0.37	85	112.93	6	0.4	6.8	3.11
Серебро-полиметаллическая	Микрозернистый	36	144	52	2.76	42	113.06	85	0.23	7.0	2.38
	Регенерированный хрусталевидный	18	220	—	—	47	113.08	407	0.08	7.4	3.44

Примечание. ЕТЛ — естественная термоллюминесценция; СКС — степень кристаллического совершенства; V_{э.я.} — объем элементарной ячейки.

Рис. 1. Отношения геохимических ассоциаций элементов-примесей в арсенопирите из различных типов месторождений золота и серебра.

Месторождения: Au-Ag — золото-серебряные; Au-Q — золото-кварцевые; Au-Ag-PM — золото-серебро-редкометалльные; Au-Sb — золото-сурьмяные; Au-PM — золото-редкометалльные (висмутовые).

ционная индивидуальность арсенопирита по величинам соотношений этих ассоциаций определяется достаточно однозначно (рис. 1).

При металлогенических, особенно прогнозных построениях, знание уровня глубинности формирования месторождений имеет существенное значение, так как это определяет перспективность месторождений в целом, концентрацию и распределение полезных компонентов и даже технологию их извлечения.

Минералы месторождений, сформированных в малоглубинных условиях (в нашем регионе это золото-серебряные, серебро-сурьмяные, серебро-полиметаллические и золото-висмутовые), имеют индикаторные показатели, отражающие присущий им уровень рудоотложения. К таким показателям относятся:

- 1) нестехиометричность состава минерала;
- 2) широкий изоморфизм его компонентов;
- 3) присутствие необычных структур распада твердых растворов;
- 4) наличие метастабильных минералов и структур их распада.

Нестехиометричность состава является самой характерной чертой минералов малоглубинных условий формирования (рис. 2). Составы, близкие к теоретическим, здесь, скорее, исключение. Как правило, отмечаются существенные различия в составе различных зерен. Более того, нередко наблюдается изменчивость состава даже в пределах одного зерна. Она может быть блоковой или направленной. К примеру, в серебро-сурьмяных и серебро-полиметаллических месторождениях в составе блеклой руды широко варьируют содержания Ag (5—50%), Fe (1—6%), Zn (0—7%). В таких случаях рядом встречаются зерна, имеющие близкие концентрации серебра, но существенно различающиеся по своей железистости, или зерна с одинаковой железистостью полярны по содержанию серебра.

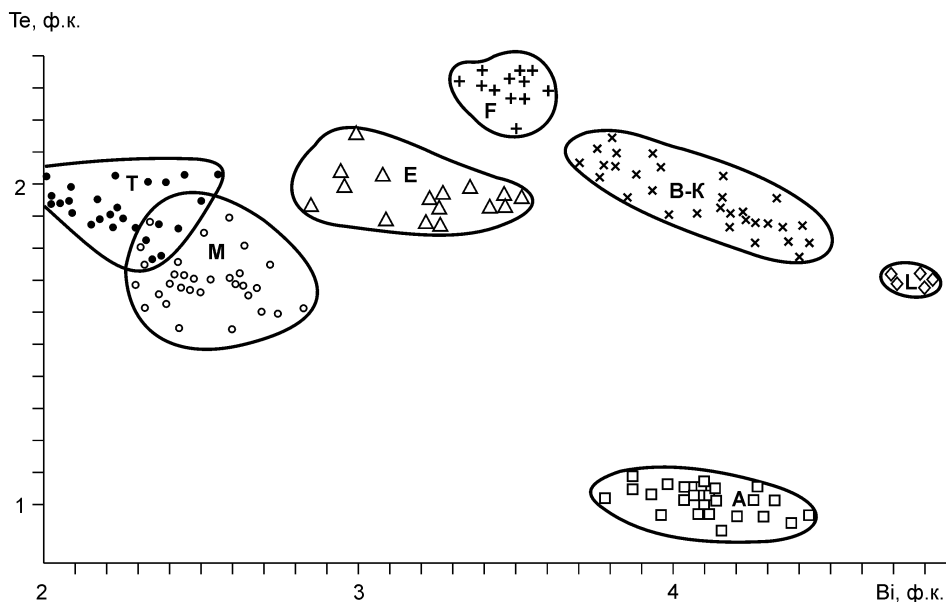
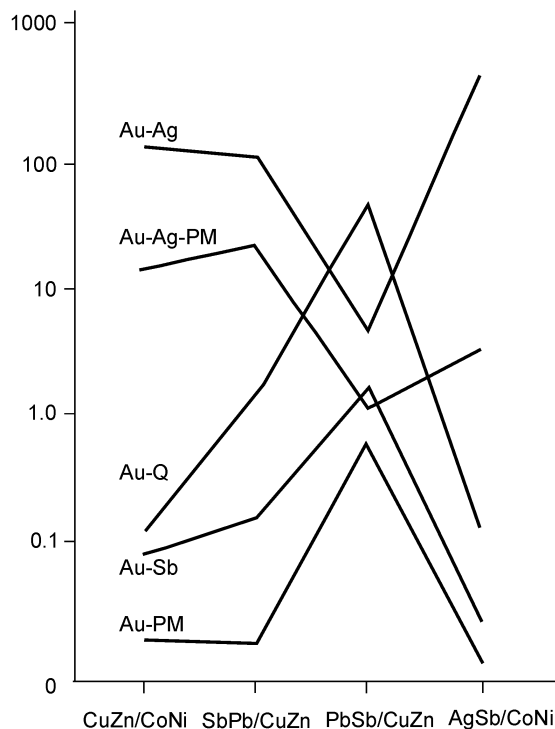


Рис. 2. Области составов гомологических рядов сульфотеллуридов висмута.

Буквенные символы минералов по [Годовиков и др., 1971].

Изоморфизм компонентов в минералах гипабиссальных месторождений отмечается в широких пределах, но четко выраженной направленности не имеет. Как и для нестехиометрии состава минералов, характерно сосуществование зерен с различными, порой полярными содержаниями изоморфных компонентов. Спецификой изоморфизма в минералах этих месторождений является несоответствие правилу Гольдшмидта (не более 15 % разницы в размере ионных радиусов). Так, ионные радиусы Ag и Cu существенно различаются между собой ($\text{Cu} \pm 0.96$, $\text{Ag} \pm 1.26 \text{ \AA}$), но нами выявлены следующие, практически полные изоморфные ряды: тетраэдрит — его серебряный аналог, халькозин—акантит, халькопирит—ленаит и неполный ряд миаргирит—халькостибит [Самусиков, Гамянин, 1999] (рис. 3). Широкий изоморфизм между Sb и Bi проявлен в серебро-полиметаллических месторождениях, в которых существуют изоморфные гомологические ряды на основе андорита, густавита, матильдита. В золото-висмутовых месторождениях отмечается широкий изоморфизм Sb-Bi в висмутинах.

Присутствие необычных структур распада твердых растворов (рис. 4), так же как и наличие метастабильных минералов и структур их распада (рис. 5) в месторождениях рассматриваемых типов, являются ярким свидетельством формирования их в малоглубинных условиях.

В металлогеническом отношении важно изучение изотопного состава однотипных минералов месторождений одного тектономагматического цикла в пределах региональных поясов и зон. В качестве примера можно привести изученные нами региональные Au-PMС [Гамянин и др., 2003б].

Выделяются, по крайней мере, три региональные РМС — Северная (Олойско-Чукотская), Яно-Колымская и Верхоянская. Предполагается наличие такой системы и вдоль Адыча-Тарынской зоны.

Характерной особенностью Северной и Яно-Колымской РМС является чрезвычайно облегченный состав серы сульфидов (пирротин, пирит, арсенопирит) как аксессуарных ($-7.6 \dots -12.8 \%$), так и сульфидов околожильных метасоматитов ($-7.8 \dots -8.3 \%$) и рудных тел ($-7.6 \dots -13.8 \%$).

Существенно отличаются от этих двух поясов значения $\delta^{34}\text{S}$ для аксессуарных и жильных сульфидов Верхоянской РМС. Эти отличия определяются утяжеленным составом серы ($\delta^{34}\text{S}$) как аксессуарных ($-1.1 \dots -2.8 \%$), так и жильных сульфидов (ср. $+0.5 \dots -1.5 \%$). По этим значениям с данной региональной

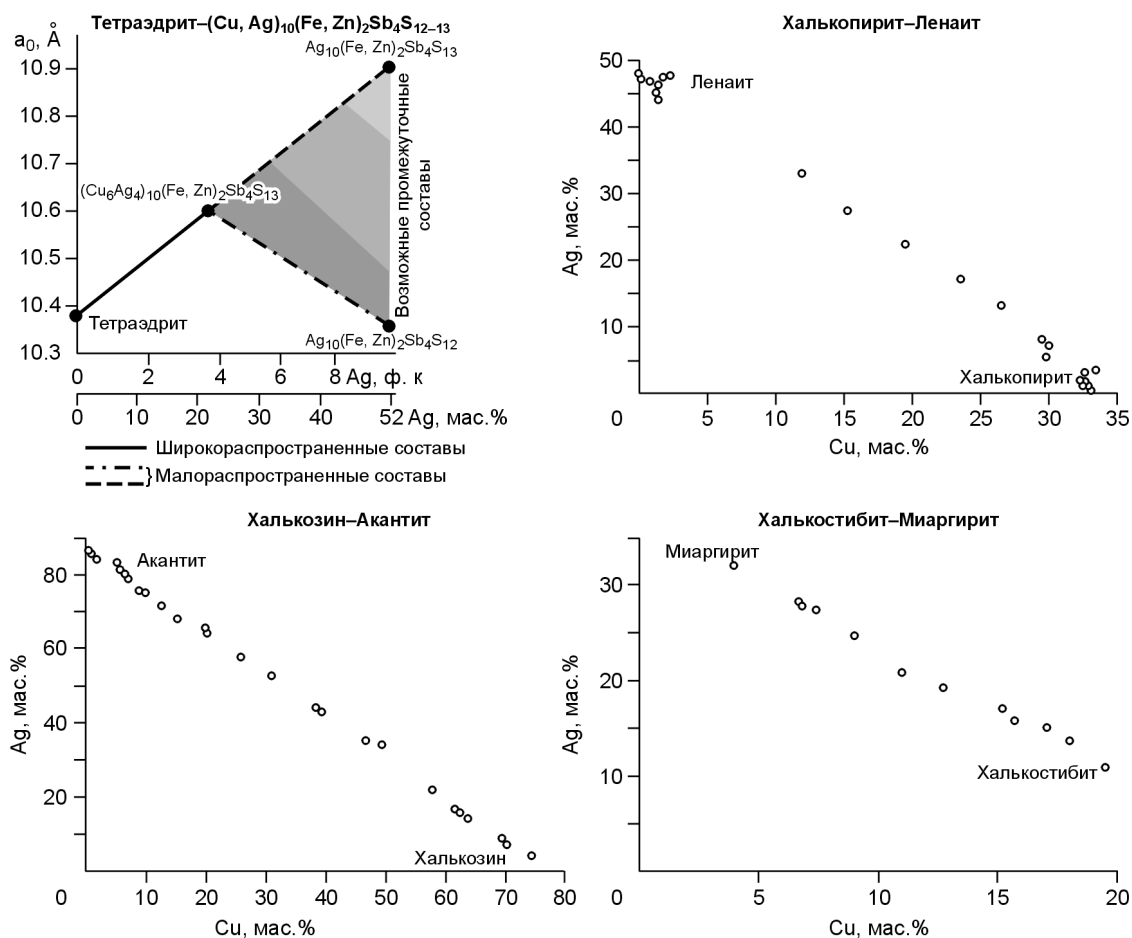


Рис. 3. Изоморфизм меди и серебра в близповерхностных месторождениях серебра.

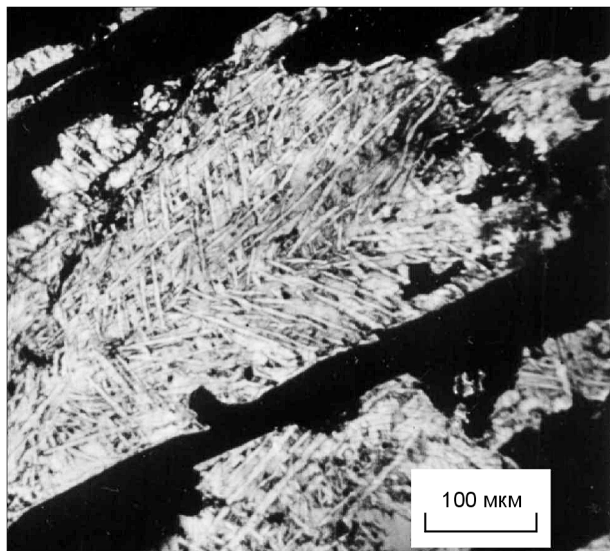


Рис. 4. Структура распада галенит + матильдит.

Месторождение Аляскитовое.

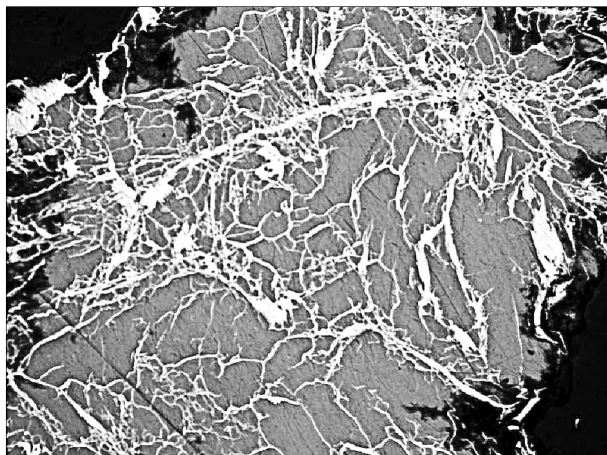


Рис. 5. Золото в гессите, увел. 300.

Месторождение Карамкен.

установлена геохимическая специфика различных геолого-структурных единиц. В частности, В.И. Бергер [1978] Яно-Колымский пояс (Яно-Колымская ЗРС) отнес к сурьмяной провинции, а Южно-Верхоянская структурная зона (южный фланг Верхоянской ЗРС) выделена А.В. Кокиным [1984] в качестве мышьяковой провинции.

Наши данные показывают [Гамянин, 2001], что геохимическая специфика провинций находит свое воплощение в типоморфных особенностях минералов месторождений этих зон, независимо от их формационной принадлежности (табл. 6). В золоторудных месторождениях Яно-Колымского пояса преобладают высоко-Sb сульфоантимониты свинца или Sb-содержащие висмутин, сульфотеллуриды Bi и самородный Bi. В оловорудных месторождениях среди ассоциаций висмутовых минералов присутствуют Sb-густавит, Sb-кобеллит, Sb-матильдит и др. В Южно-Верхоянском поясе (Верхоянская ЗРС), имеющем повышенный геохимический фон не только As, но Pb и Ag, во всех типах месторождений арсенопирит преобладает над пиритом, блеклые руды и сульфоантимониты содержат повышенные количества As

РМС сопоставима Адыча-Тарынская РМС, в магматитах и месторождениях которой значения $\delta^{34}\text{S}$ укладываются в интервал +5.0...-5.1 ‰.

В процессе региональных исследований была

Таблица 6. Типоморфные свойства главных минералов золоторудных месторождений разных региональных ЗРС северо-востока Азии

Минерал	Золоторудные системы		
	Яно-Колымская (Иньяли-Дебинская зона)	Адыча-Тарынская	Верхоянская (Южно-Верхоянская зона)
Кварц	$I_{1\text{тл}} > 200$ у.е. СКК < 60 %; $1.5 < \text{K/Na} < 2$; Bi, Ag — 2 г/т	$I_{1\text{тл}} > 200$ у.е. СКК < 60 %; $\text{K/Na} < 1.5$; Sb > 30 г/т	$I_{1\text{тл}} > 150$ у.е. СКК < 60 %; $\text{K/Na} > 2$; As > 100 г/т; Hg > 50 г/т; W > 10 г/т
Арсенопирит	$\text{Co/Ni} > 2$; $1 < \text{Au/Ag} < 2$; Bi > 100 г/т; S/As < 1.13	$\text{Co/Ni} < 0.6$; $2 < \text{Au/Ag} < 3$; Sb > 0.1%; Fe/As + S > 0.5	$0.6 < \text{Co/Ni} < 1$; Au/Ag > 3; Pb > 0.1%; S/As > 1.14
Пирит	$\text{Co/Ni} < 0.2$; $1 < \text{Au/Ag} < 2$	$\text{Co/Ni} > 1$; Au/Ag > 4	$\text{Co/Ni} < 1$; Au/Ag < 1; Sb > 0.1 %; Pb > 0.2 %
Сфалерит	Fe < 5 %	Fe > 5 %; Cd > 0.9 %	Cd < 0.3 %
Галенит	Ag, Bi > 0.3 %	Se > 0.2 %	Ag > 0.2 %
Блеклая руда	Ag — 2—10 %; Bi > 0.1 %	Ag < 2 %	As > 2 %
Сульфоантимониты	Буланжерит, джемсонит, Bi > 1 %	Халькостибит, бертьерит, бурнонит, джемсонит, Se > 0.2 %	Бурнонит, буланжерит, геокронит, As > 0.3 %
Золото	As > 200 г/т; Sb > 100 г/т; Bi > 10 г/т	Пробность >900 ‰	Пробность <880 ‰; Cu, Sb < 40 г/т
Анкерит	$2.5 < \text{Mg/Mg} + \text{Fe} < 3$; MgO > 1 %	$\text{Mg/Mg} + \text{Fe} < 2.5$; MnO < 0.7 %	$\text{Mg/Mg} + \text{Fe} > 3$; SrO > 0.3 %

(2—12 %), Ag (2—25 %), сульфотеллуриды золото-редкометалльных месторождений представлены Pb-содержащими (до 7 %) разновидностями и все рудные минералы характеризуются повышенными содержаниями Ag (см. табл. 6).

Полистадийные малосульфидные Au-Ag месторождения Кубака, Дубль, Юное, Ольча и другие связаны с завершающей стадией становления Омолонского окраинно-континентального вулканического пояса. Южно-Омолонский железорудный район оказывает большое влияние на специализацию минеральных видов Ag в ряде указанных месторождений, что выражается в широком развитии в них Fe-Ag колчеданов — штернбергита и аргентопирита.

Примагаданский отрезок Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) характеризуется проявлениями молибден-меднопорфирового оруденения. С северо-запада к нему примыкает Яно-Колымская металлогеническая зона, характеризующаяся Au-As геохимическим фоном. В связи с этим в месторождениях Примагаданского отрезка (Сентябрьское, Нявленга, Джульетта) преобладают Cu-Ag колчеданы (ялпаит, штрмейерит, маккинстриит), а также медистые разновидности акантита, стефанита, пираргирита с повышенными концентрациями As [Савва, Фидря, 1996].

Если же устанавливается геохимическая аналогичная специализация магматических или терригенных пород, то это проливает свет на источник рудных компонентов флюидов. Таким образом, использование типоморфных свойств минералов в металлогеническом анализе позволяет конкретизировать решение вопросов генезиса месторождений крупных тектонических структур, и уже поэтому исследования такого рода становятся одним из приоритетных направлений в металлогении золота и серебра.

ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Одной из фундаментальных проблем в области металлогении благородных металлов представляется исследование платино- и палладиенности золоторудных месторождений. Несмотря на то, что платиноносность золоторудных месторождений в черносланцевых толщах Дальнего Востока известна более 10 лет [Гончаров, 1995; Степанов, 2000; Моисеенко, 2004], мы до сих пор только подбираемся к ее причинам. В частности, работами последних лет показана роль углеродистого вещества как геохимического барьера, концентрирующего совместно золото, платину и палладий, отмечена тесная связь платиноидов в рудах с сульфидами [Буряк и др., 2002; Миронов и др., 2002; Развозжаева и др., 2002; Плюснина и др., 2003; Гончаров и др., 2004] и выявлен новый тип золото-платиноидного оруденения, связанного с углеродистым метасоматозом [Ханчук и др., 2004]. Это служит важным свидетельством неслучайности повышенной платиноносности золотых руд месторождений, локализованных в черносланцевых толщах. Здесь важнейшей, на наш взгляд, является проблема выяснения источника углерода — первично-углеродистые толщи или метасоматоз? Геохимическая платиноносность золоторудных месторождений черносланцевых толщ, определенная разными методами [Гончаров и др., 1995; Буряк, 2003; Буряк и др., 2004, 2005], требует установления минеральных форм платиноидов и минералов — типоморфных спутников платиноидов и все усилия должны быть сосредоточены в минералого-геохимическом направлении. Выявление платиновой минерализации в рудах месторождения Сухой Лог [Лаверов и др., 1997; Вуд, Попов, 2006] и золотоносного медно-порфирового месторождения Рябиновое [Мызников и др., 2004] показывает возможность таких же находок и в рудах месторождений востока России.

В последние годы охарактеризован новый тип крупнообъемного оруденения — штокверки золото-редкометалльной минерализации, связанной с гранитоидами коллизионного и субдукционного происхождения (проведена типизация, показаны генетические особенности оруденения, возрастные эпохи, изотопная геохимия и минералогия) [Горячев, Гамянин, 2004; Goryachev et al., 2004]. При этом установлена принципиальная палладиенность этих руд через находки как собственных минералов палладия (сэдберит), так и специфических минералов никеля (паркерит) в них [Горячев и др., 1999, 2004; Молчанов, 2000]. Находка сэдберита в кварцевых жилах гидротермального генезиса существенно расширяет представление об условиях его образования. Кроме того, присутствие минералов группы платиноидов в золото-редкометалльных рудах (табл. 7), связанных с гранитоидным магматизмом, может служить объяснением повышенных концентраций платиноидов в золоте и даже наличия платиновых минералов в россыпях, в районах с отсутствием ультрабазитового магматизма, т. е. расширяет возможность появления россыпной платиноносности в районах с гранитофильным оруденением. Исследование выявленной платиноносности и палладиенности гранитогенной, типично коровой, золото-висмутовой минерализации может привести к пересмотру не только ряда положений геохимии ЭПГ, но и геохимии гранитоидного магматизма, по-новому оценить роль тектонической и геодинамической позиции гранитоидов, продуцирующих данный тип оруденения. Здесь, вероятно, проявится специфика геохимии палладия и его связь с золотом через висмут и никель, постоянно присутствующих в виде самостоятельных минеральных фаз в рудах данного типа.

Как показывают обзоры платиноносности золоторудных месторождений Дальнего Востока [Гончаров и др., 1995; Степанов, 2000; Моисеенко и др., 2004; Ханчук и др., 2004], а также минералогические

Таблица 7. Типы платиноносных золоторудных месторождений Дальнего Востока России

Тип месторождений	Вмещающие породы	Концентрация платиноидов, г/т	Минеральные формы	Ведущие геохимические и минералогические ассоциации	Примеры [Лит. источник]
Золото-сульфидно-вкрапленные в терригенных толщах (черносланцевое оруденение)	Слабометаморфизованные терригенные породы пермского и триасового возраста	Pt до 30, Pd до 10	Не выявлены	Au, As, Pt, S, C (до 2.5 %). Пирит-арсенопиритовая с золотом	Наталка, Дегдекан [Гончаров и др., 1995, 2002]
Золото-углеродистые метасоматиты в метаморфических породах	Рифейские породы, превращенные в пироксеновые габбро-амфиболиты, биотит-полевошпат-графитовые и гранат-биотит-полевошпат-графитовые сланцы и биотитовые гранитоиды в результате позднерифейского и раннепалеозойского метаморфизма	Pt до 52	»	Au, Pt, C, S, V, Pb. Золото-графит. С — до 36.57 %	Ханка [Ханчук и др., 2004]
Золото-висмутовый (золото-редкометалльный)	Гранитоиды мела и роговики по терригенным породам	Единичные данные (Курумский массив, в арсенопирите Pt до 50)	Сэдберит, сперилит	Au, As, Bi, Te, Pd Висмут-сульфотеллуридная	Оемку-Джегдагское, Малиновое [Молчанов и др., 2000; Эйриш, 2003]

находки в рудах [Молчанов, 2000; Molchanov et al., 2000] и россыпях золота [Ботова, 1988; Молчанов, 2004], среди платиноносных золоторудных месторождений можно выделить три геологические группы (см. табл. 7): золото-сульфидно-вкрапленные месторождения в терригенных толщах — „черносланцевое оруденение“ (Наталка, Нежданинское, Дегдекан и пр.); месторождения золото-углеродистых метасоматитов в метаморфических породах (Ханка) и месторождения, связанные с гранитоидами, — золото-висмутовое оруденение (Оемку-Джегдагское, Тэутэджак, Малиновое).

Уровень концентрации платины и палладия в рудах этих месторождений достигает вполне промышленных содержаний, что ставит данные объекты в разряд комплексных золото-платиноидных. Эти три группы, возможно, следует дополнить месторождениями золотоносного медно-порфирового типа, где также установлены минералы платиновой группы [Мызников, 2004]. Специальное исследование платиноносности выделенных типов месторождений позволит углубить познание генезиса благороднометалльного оруденения складчатых поясов разного происхождения.

ВЫВОДЫ

Главными факторами зарождения рудно-магматических систем являются тектонические движения земной коры, способствующие генерации магматических расплавов и формированию путей их внедрения. Сиалический профиль областей генерации магматических расплавов на северо-востоке Азии в целом обусловил их региональную геохимическую оловянно-благороднометалльную специализацию. Образующиеся в дальнейшем магматические очаги в процессе их развития и становления генерируют рудоносный флюид, металлогеническая специализация которого зависит, прежде всего, от условий зарождения и развития региональных РМС. Реактивизация магматических очагов нередко приводит к метаморфизму оруденения, связанного с ранним тектономагматическим металлогеническим циклом, перераспределению вещества и отложению новых типов руд. Совмещение последних с ранними рудами в общих рудолокализирующих структурах приводит к формированию крупных полихронных месторождений и многометалльных металлогенических зон.

Использование типоморфных свойств минералов в металлогеническом анализе позволяет не только конкретизировать решение ряда вопросов генезиса месторождений крупных тектонических структур, но и определить минералого-геохимическую специфику металлогенических поясов. Уже поэтому исследования такого рода должны стать одним из приоритетных направлений в металлогении золота и серебра.

Выявление платиноносности гранитоидных золоторудных месторождений различных генетических типов может привести к пересмотру не только ряда положений геохимии ЭПГ, но и геохимии гранитоидного магматизма, по-новому оценить роль тектонической и геодинамической позиции гранитоидов, продуцирующих данный тип оруденения.

Концентрирование усилий на этих фундаментальных проблемах металлогении благородных металлов позволит сделать еще один шаг в познании процессов их рудогенеза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 06-05-64369, 06-05-96070р), интеграционных проектов № 119, ДВО РАН 06-I-ОНЗ-104; ДВО-СО РАН 06-II-СО-08-029.

ЛИТЕРАТУРА

- Бергер В.И.** Сурьмяные месторождения. Л., Недра, 1978, 296 с.
- Ботова М.М., Степанов В.И., Ланцев И.П., Денисова Л.К.** О находке палладистого золота и палладарсенида на Северо-Востоке СССР // Докл. АН СССР, 1988, т. 303, № 5, с. 1202—1205.
- Буряк В.А.** Минерагения золота. Владивосток, Дальнаука, 2003, 262 с.
- Буряк В.А., Гончаров В.И., Горячев Н.А.** Эволюционный ряд крупнообъемных золото-платиноидных месторождений в углеродистых толщах // Докл. РАН, 2002, т. 387, № 4, с. 512—515.
- Буряк В.А., Гончаров В.И., Горячев Н.А., Цымбалюк Н.В., Абиссалов Э.Г.** О соотношении кварцево-жильной золотой и вкрапленной золото-сульфидной минерализаций с платиноидами в черносланцевых толщах // Докл. РАН, 2005, т. 400, № 1, с. 56—59.
- Вуд Б.Л., Попов Н.П.** Гигантское месторождение Сухой Лог (Сибирь) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (3), с. 315—341.
- Гамянин Г.Н.** Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд. М., GEOS, 2001, 222 с.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А.** Золото РМС гранитоидного ряда на Северо-Востоке СССР // РМС Востока СССР. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1991, с. 37—48.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А.** Изотопно-геохимические исследования золоторудно-магматических систем // Магматизм и метаморфизм северо-востока Азии: Материалы IV регионального петрографического совещания по Северо-Востоку России. Магадан, 2000, с. 136—140.
- Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А.** Золото-редкометалльное оруденение Северо-Востока России // Тихоокеанская геология, 1998, № 3, с. 94—103.
- Гамянин Г.Н., Бахарев А.Г., Горячев Н.А., Алпатов В.В.** Мезозойская металлогения золота и серебра северо-востока Азии // Геология и тектоника платформенных и орогенных областей Северо-Восточной Азии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1999, с. 136—141.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю.** Типы серебряного оруденения Верхояно-Колымских мезозойд (геология, минералогия, генезис, металлогения) // Тихоокеанская геология, 2003а, № 6, с. 113—126.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю.** Изотопы серы в познании генезиса рудно-магматических систем северо-востока Азии // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин севера Пацифики: Материалы всероссийского совещания, Т. 2. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2003б, с. 207—211.
- 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 мезозойдах северо-востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2003в, 196 с.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Округин В.М., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю., Игнатъев А.В., Носик Л.П., Пономарчук В.Г., Веливецкая Т.Н.** Геология изотопов серы месторождений золота и серебра северо-востока Азии // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. докл. III Всероссийского совещания. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 45—47.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Савва Н.Е.** Рудно-магматические системы месторождений золота и серебра северо-востока Азии // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении: Тез. докл. Международного совещания, посвященного 100-летию со дня рождения В.А. Кузнецова. Новосибирск, Академическое изд-во „Гео“, 2006, с. 54—56.
- Годовиков А.А., Кочеткова К.В., Лаврентьев Ю.Г.** О систематике сульфотеллуридов и теллуридов висмута // Зап. Всесоюз. минер. о-ва, 1971, ч. 100, вып. 4, с. 417—428.
- 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, Т. 2, кн. 2. М., Геоинформмарк, 1995, с. 156—161.
- Гончаров В.И., Гамянин Г.Н., Сидоров В.А., Алпатов В.В., Плюснина Л.Н., Горячев Н.А., Лихойдов Г.Г.** Элементы платиновой группы в золоторудных месторождениях мезозойских черносланцевых толщ Северо-Востока России // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. докл. III всероссийского совещания. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 53—55.
- Горячев Н.А.** Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2003, 143 с.

Горячев Н.А. Золоторудообразующие системы орогенных поясов // Вестн. СВНЦ ДВО РАН, 2006, № 1, с. 2—16.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Изотопно-геохимические исследования золоторудно-магматических систем // Магматизм и метаморфизм северо-востока Азии. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2000, с. 136—140.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Золото-редкометалльные месторождения: типы и перспективы промышленного освоения // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. докл. III всероссийского совещания. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 57—59.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н. Проблемы металлогении золота и серебра северного сегмента Тихоокеанского рудного пояса // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении: Тез. докл. Международного совещания, посвященного 100-летию со дня рождения В.А. Кузнецова. Новосибирск, Академическое изд-во „Гео“, 2006, с. 66—67.

Горячев Н.А., Гамянин Г.Н., Бахарев А.Г. Золото РМС Северной Пацифики, тектонические условия их возникновения и развития // Геология и тектоника платформенных и орогенных областей Северо-Восточной Азии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1999, с. 141—145.

Горячев Н.А., Чарч С.Е., Ньюберри Р.Дж. Контраст в свинцово-изотопных характеристиках золоторудных месторождений северо-востока Азии и Аляски // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики, Т. 1. 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 Sb-паркерита на Северо-Востоке России // Докл. РАН, 2004, т. 399, № 9, с. 1260—1264.

Горячева Е.М., Горячев Н.А., Молчанов В.П. Сэдберит — первая находка в гидротермальных жилах // Рудные месторождения Дальнего Востока — минералогические критерии прогноза, поиска и оценки (Тез. докл.). Владивосток, РИО ДВО АН СССР, 1991, с. 102.

Козлов В.Д. Геолого-геохимическая очаговая структура и металлогения гранитных рудно-магматических систем Восточного Забайкалья // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (5), с. 486—503.

Кокин А.В. Южно-Верхоянский мышьяковый геохимический феномен // Докл. АН СССР, 1984, т. 277, № 1, с. 206—209.

Кочетков А.Я. Мезозойские золоторудные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (7), с. 850—864.

Лаверов Н.П., Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К., Коваленкер В.А., Мохов А.В., Семейкина Л.К., Юдовская М.А. Платина и другие самородные металлы в рудах месторождения золота Сухой Лог // Докл. РАН, 1997, т. 355, № 5, с. 664—668.

Мионов А.Г., Жмодик С.М., Очиров Ю.Ч., Гурская Л.И., Попов В.Д., Сапожников Д.Ю. Геохимия и металлоносность углеродистых отложений различных геодинамических обстановок Саяно-Байкальской горной области // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (4), с. 364—381.

Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Эйриш Л.В., Мельников А.В. Платиноносность Дальнего Востока. Владивосток, Дальнаука, 2004, 176 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.

Молчанов В.П., Хомич В.Г., Медведев Е.И. Индикаторное значение Pd-содержащего золота из россыпей Благодатненского узла (Приморье) // Изв. вузов. Геология и разведка, 2004, № 3, с. 36—38.

Мызников И.К., Цепин А.И., Мохов А.В. Рудные минеральные ассоциации золотопорфирового месторождения Мусковитовое в Рябиновом щелочном массиве (Центральный Алдан) // Проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. М., ИГЕМ РАН, 2004, с. 197—207.

Округин В.М., Гамянин Г.Н., Савва Н.Е., Горячев Н.А. Минералого-геохимические особенности золото-серебряных месторождений тихоокеанской континентальной окраины // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. докл. III всероссийского совещания. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2004, с. 148—150.

Плюснина Л.П., Ханчук А.И., Гончаров В.И., Сидоров В.А., Горячев Н.А., Кузьмина Т.В., Лихойдова Г.Г. Золото, платина и палладий в рудах Наталкинского месторождения (Верхнеколымский регион) // Докл. РАН, 2003, т. 391, № 3, с. 383—387.

Развозжаева Э.А., Спиридонов А.М., Цыханский В.Д., Васильева И.Е., Прокопчук С.И. Платина в углеродистом веществе руд месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь) // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (3), с. 286—296.

Савва Н.Е., Фидря И.Л. Отражение региональных металлогенических особенностей территории в минералого-геохимической специализации руд золото-серебряного месторождения Джульетта // Минералогия и генетические особенности месторождений золота и серебра. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 1996, с. 119—130.

Самусиков В.П., Гамянин Г.Н. Изоморфные Ag-Cu ряды минералов в близповерхностных месторождениях серебра Восточной Якутии // Зап. ВМО, 1999, № 5, с. 87—93.

Степанов В.А. Геология золота, серебра и ртути, Ч. 2: Золото и ртуть Приамурской провинции. Владивосток, Дальнаука, 2000, 161 с.

Ханчук А.И., Плюснина И.П., Молчанов В.П. Первые данные о золото-платиноидном оруденении в углеродистых породах Ханкайского массива и прогноз крупного месторождения благородных металлов в Приморском крае // Докл. РАН, 2004, т. 397, № 4, с. 524—529.

Gamyanin G.N., Goryachev N.A., Okrugin V.M., Bortnikov N.S., Anikina E.Yu., Savva N.Ye., Ignatiev A.V., Nosik L.P., Ponomarchuk V.G., Velivetskaya T.N. Geologic characteristics of sulfur isotopes from Mesozoic and Cenozoic lode deposits in northeastern Asia // Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins: proceedings of the Interim IAGOD Conference, Vladivostok, 1—20 September 2004. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 436—438.

Goryachev N.A., Newberry R.J., Gamyanin G.N., Layer P.W., McCoy D.T., Church S.E. Granitoid-related gold lode deposits over the Northern Pacific marginal areas // Ibid., p. 199—201.

Molchanov V.P., Boriskina N.G., Khomich V.G. et al. Oemku ore node. Mineralogy, geochemistry and genesis of gold-quartz and palladium-gold-rare metal complexes//Закономерности строения и эволюции геосфер: Материалы V междунар. междисцпл. симпозиума. Владивосток, ДВО РАН, 2000, с. 220—222.

*Рекомендована к печати 7 декабря 2006 г.
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию
27 июля 2006 г.*