

## **Минерагения благородных металлов Юго-Востока России: научные основы прогноза и развития ресурсной базы, выявления новых источников сырья**

*В. Г. Хомич (руководитель проекта), Н. Г. Борискина, В. В. Ивин, С. Л. Шевырёв,  
И. И. Фатьянов*

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

### **Введение**

Представления об особенностях минерагении благородных металлов и закономерностях размещения соответствующих рудных месторождений, полей, узлов и районов обычно базируются на тектонической основе, подкреплённой результатами современных геохронологических и петролого-геохимических исследований. В свое время констатация связей рудо- и породообразующих процессов, осознание возможностей их использования для научных и прикладных целей обусловили создание комплекса методов формационного анализа минерагении регионов. Это привело к выделению специализированных (на тот или иной вид полезных ископаемых) провинций и эпох на территории СССР, созданию специальных металлогенических карт и росту эффективности прогнозно-поисковых работ практически во всех республиках Союза.

Появление новых парадигм развития Земли и доказательства активного воздействия геодинамических процессов на формирование тектонических сооружений способствовали широкому распространению концепции литосферных плит и террейнового анализа, которые, однако, длительное время не находили должного применения в металлогенических исследованиях. В фундаментальных трудах сотрудников РАН двух последних десятилетий палеогеодинамические реконструкции стали активно использоваться для решения проблем становления орогенных поясов и магматических комплексов (при процессах коллизии, субдукции и скольжения литосферных плит), а соответственно и региональной металлогении. В эти же годы появились публикации, доказывающие существенную роль внутриплитных плюмов и суперплюмов в формировании магматических ареалов, поясов и дуг, а также минералогенезе и рудообразовании. Обе концепции довольно часто противопоставляются.

Авторам настоящего отчета представляется целесообразным рассмотреть проблему благороднометалльной минерагении региона под ракурсом геологического синтеза данных о геодинамике региона и вероятном влиянии производных плюмового магматизма на формирование месторождений Au, Ag и ЭПГ.

### **Состояние проблемы**

Юго-Востоком России (ЮВР) авторы называют часть территории РФ, ограниченную на севере Сибирской платформой, на западе – Байкальской рифтовой

системой, на востоке – побережьем Охотского и Японского морей. В геодинамическом отношении ЮБР представляет коллаж супертеррейнов различного возраста, в котором объединены: Алдано-Становой щит (докембрий), восточная часть Центрально-Азиатского орогенного мегапояса (палеозой), Монголо-Охотский и Сихотэ-Алинский складчато-надвиговые пояса (поздний мезозой). Гетерогенность каждого из перечисленных супертеррейнов обоснована работами сотрудников РАН и подтверждена комплексными геолого-геофизическими исследованиями [*Глубинное строение...*, 2010; *Тектоника...*, 2004 и др.]. В регионе выделено несколько крупных линейных тектонических систем разного масштаба, самые значительные из которых совпадают с границами супертеррейнов и фиксируются градиентными зонами поля силы тяжести шириной до 100–150 км и протяженностью в сотни и тысячи километров [*Тектоника...*, 2004; *Хомич, Борискина, 2009*]. С некоторыми из подобных зон ассоциируют вулкано-плутонические пояса. Важно отметить, что на площади ЮБР, характеризующейся в целом повышенной золото- и платиноносностью, значительная часть рудно-россыпных районов пространственно сопряжена с упомянутыми градиентными зонами, а наиболее крупные из них, во многом определяющие металлогенический облик региона, размещены у сопряжений зон разной ориентации [*Хомич, Борискина, 2009*], (рис. 1).

Продолжительное изучение золотоносности региона (от [*Аносов и др., 1920, 1928*] до наших дней) способствовало совершенствованию представлений на особенности благороднометалльного рудогенеза и его связи с тектоническими, седиментационными, метаморфическими, магматическими, метасоматическими, иными геологическими процессами. Многие специалисты при типизации благороднометалльных проявлений стремились учесть во взаимосвязи совокупность таких процессов.

Участие в формировании благороднометалльного оруденения региона большого числа эндо- и экзогенных рудогенетических систем обусловило возникновение:

- золото-медно-молибден-порфировых, золото-порфировых, золото-скарновых, золото-сульфидно-кварцевых, золото-редкометалльных и золото-серебряных месторождений в вулкано-плутонических поясах и по их периферии (магматогенно-гидротермальные системы разного глубинного уровня);

- золото-полисульфидных месторождений в терригенно-плутоногенных поясах (плутоногенно-гидротермальные системы);

- золото-сульфидных и золото-кварцевых месторождений в терригенно-сланцевых поясах (метаморфогенно-гидротермальные и гидротермально-осадочно-метаморфогенные системы соответственно);

- золото-сульфидно-кварцевых (джаспероидных) месторождений в чехле древних щитов (гидрогенные системы);

- золотоносных кор выветривания и зон окисления (экзогенные системы).

В прежние годы, а зачастую и в настоящее время, разнотипные проявления Au рассматриваются в качестве разновременных производных обособленных рудогенерирующих систем. Вместе с тем, в последние годы появляется все больше доказательств принадлежности многих месторождений в крупных рудных районах единым длительно эволюционировавшим рудно-магматическим мегасистемам в качестве фациальных разностей. Причем такие мегасистемы функционировали почти синхронно (в геологическом масштабе времени) под влиянием магматических и термофлюидных производных Северо-Азиатского суперплюма (САС) [*Хомич, Борискина, 2010, 2011; Ярмолюк и др., 1995, 2000*]. В свете изложенного проблема минерагении благородных металлов региона и исследования соотношения в нем производных нескольких рудогенерирующих систем остается актуальной и в настоящее время, поскольку даже частные успехи в ее решении способствуют повышению эффективности научных и прикладных исследований в отношении наращивания минерально-сырьевой базы благородных металлов (БМ) региона.

Усилия тектонистов, направленные на внедрение в практику геологических и металлогенических исследований палеогеодинамических реконструкций, привели к появлению публикаций, в которых используются результаты последних для объяснения закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. Авторами предпринята попытка проанализировать влияние геодинамических факторов на металлогенический потенциал золоторудных районов, размещенных среди терригенно-сланцевых толщ. Результаты анализа приведены ниже.

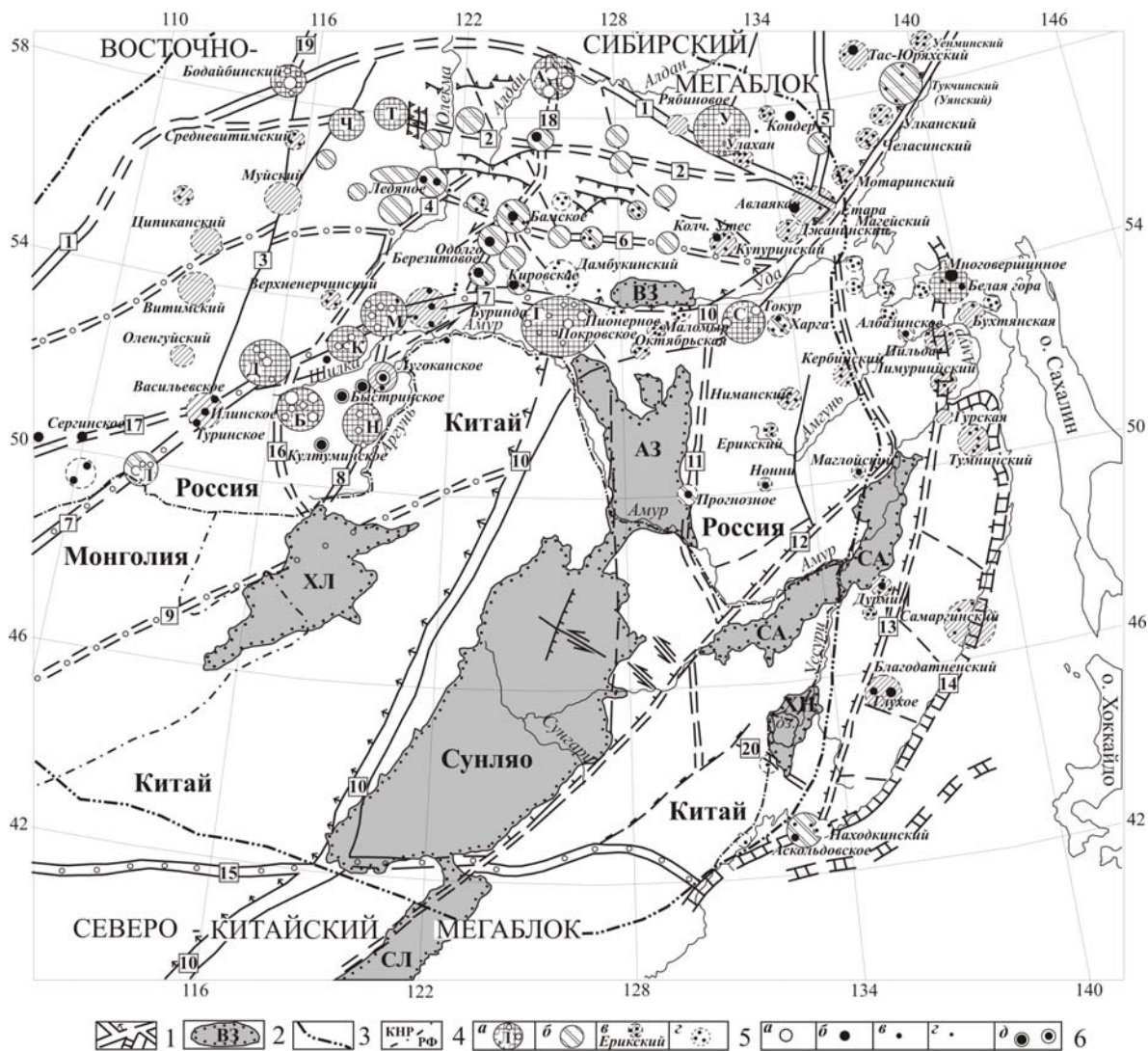
### **Влияние геодинамических факторов на металлогенический потенциал рудных районов среди терригенно-сланцевых толщ**

Полисульфидные месторождения золота терригенно-сланцевых поясов размещены обычно вблизи интрузивных массивов и крупных разломов, субогласных с ориентировкой складчатых структур. Очень часто гидротермально-осадочно-метаморфогенное оруденение тяготеет к интрузивно-купольным поднятиям в терригенных толщах. В золоторудных узлах, где выявлены месторождения с большими объемами рудной массы, фиксируется совмещенность разнотипных минеральных ассоциаций и повышенная золотоносность ранних сульфидов. Контрастные геохимические поля характерны для наиболее крупных месторождений. Им также свойственна длительная подготовка, преобладание механизмов осадочно-диагенетического, флюидно-метаморфогенного и последующего гидротермального концентрирования золота, специализированная вмещающая среда с присутствием туфокластогенных отложений, широкая распространенность зон трещиноватости, дробления, смятия, рассланцевания, милонитизации, межслоевых срывов, послонного кливажа, присутствие углеродистых тектонитов, крупных (рудоконтролирующих) разломов, проявление складчатости, сопряженность с дайками диоритовых порфиритов и спессартитов, низкие фации метаморфизма (внешняя биотит-пирротиновая, промежуточная хлорит-марказитовая, внутренняя мусковит-пиритовая), переходящие в мощный упорядоченный альбит-серцит-кварцевый и кварц-кальцитовый чехольный ореол околорудных изменений.

Анализ материалов по геологии золоторудных районов, приуроченных к терригенно-сланцевым толщам южного обрамления Северо-Азиатского кратона (Бодайбинского и Селемджинского), но расположенных в различных структурно-формационных зонах, позволил выделить ряд важных особенностей их формирования и строения.

С одной стороны каждый сопоставляемый район характеризуется:

- размещением на сопряжении разноориентированных (субширотных и субмеридиональных) градиентных зон поля силы тяжести I и II порядка;
- большой мощностью и неоднородностью состава терригенно-сланцевых толщ, включающих пачки пород с повышенным содержанием углерода;
- приуроченностью к блокам, характеризующимся многоэтапным развитием, обеспечившим сложнодислоцированное складчато-надвиговое строение рудовмещающих толщ;
- метаморфизмом таких толщ, проявленным весьма неравномерно и с разной интенсивностью (от эпидот-амфиболитовой до филлитовой фации), но преобладающим развитием фации зеленых сланцев;
- разновозрастной магматической деятельностью, обусловившей интродуцирование осадочных толщ гранитоидными расплавами, нередко сопровождающейся проявлениями вулканизма;



**Рис. 1.** Схема размещения золотоносных площадей на территории Юго-Востока России (составлена авторами с использованием материалов [Бойцов, Пилипенко, 1998; Иванов, 2008; Карта закономерностей размещения..., 2005; Карта минерагенического районирования..., 2006; Попов и др., 1999; Романовский, 2006; Хомич, Борискина, 2008; Ярмолюк и др., 2000]. На рисунке приведены названия некоторых известных площадей, районов и месторождений.

1 – гравитационные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести разных порядков. Цифрами в квадратах обозначены гравитационные ступени (1–11, 14–18) и крупные сдвиговые (12, 13) системы: 1 – Байкало-Элькон-Улканская, 2 – Южно-Алданская, 3 – Патомско-Жуинская, 4 – Олекминская, 5 – Нелькано-Бурхалинская, 6 – Каларо-Становая, 7 – Монголо-Охотская, 8 – Северо-Аргунская, 9 – Синлунгоу, 10 – Хингано-Охотская (Главная), 11 – Западно-Туранская, 12 – Танлу-Дунми-Нижнеамурская, 13 – Центрально-Сихотэ-Алинская, 14 – Прибрежная пограничная, 15 – Северо-Китайская, 16 – Борзя-Балейская, 17 – Чикойская, 18 – Селигдар-Верхнетимптонская, 19 – Виллойско-Бодайбинская, 20 – Ханкайская;

2 – позднемезозойско-кайнозойские эпифтогенные бассейны, депрессии, впадины: АЗ – Амуро-Зейская, ВЗ – Верхнезейская, СА – Саньцзян – Среднеамурская, СЛ – Силяохе, ХЛ – Тамцаг – Хайларская, ХН – Ханкайская;

3 – контуры Северо-Азиатского суперплюма;

4 – государственные границы;

5 – золотоносные площади разной степени изученности:

*a* – известные золоторудные районы, в т.ч. крупные. Буквами в кружках обозначены: А – Алданский, Б – Бaleyский, Г – Гонжинский, Д – Дарасунский, К – Карийский, Л – Любавинский, М – Могочинский, Н – Нер-Заводской, С – Селемджинский, Т – Токкинский, У – Учурский, Ч – Чарский; *б-в* – рудно-россыпные районы: *б* – с одним или несколькими средними или мелкими коренными месторождениями, *в* – с мелкими и недостаточно изученными месторождениями и рудопроявлениями; *г* – районы преимущественно россыпной золотоносности с редкими рудопроявлениями;

*б* – золоторудные узлы (*a*), известные средние (*б*) и мелкие (*в*) месторождения и рудопроявления (*г*), а также крупные комплексные золотосодержащие (медно-молибден-порфировые, скарновые) месторождения (*д*).

– развитием в толщах крупных пологопадающих чешуйчато-надвиговых и протяженных крутопадающих сбросо-сдвиговых трещинных структур, являвшихся дренажными каналами для металлоносных гидротерм;

– широкой распространенностью метаморфо-гидротермально-метасоматического (прожилково-вкрапленного золото-сульфидно-кварцевого) и гидротермального жильного (золото-кварцевого, золото-шеелит-кварцевого) оруденения.

С другой стороны, в строении и условиях формирования сопоставляемых золотоносных районов имеются и определенные различия. Они заключаются в специфике геодинамических обстановок накопления осадков (рифтогенная система и окраинное море в Бодайбинском районе, фрагмент палеоокеанического бассейна в Селемджинском) с последующим преобразованием соответствующих отложений перикратонного прогиба и аккреционной призмы в терригенно-сланцевые толщи, а также разной продолжительности периодов накопления упомянутых толщ, неодинаковой их мощностью, степенью углеродистости, интенсивностью последующего внутриплитного магматизма.

Различия в металлогеническом потенциале Бодайбинского и Селемджинского золоторудных районов, по нашему мнению, связаны как с разной продолжительностью подготовительных этапов, предшествовавших времени рудоконцентрирования (Бодайдо – докембрий-палеозой ~500 млн. лет, Селемджа – палеозой-мезозой ~250 млн. лет), так и с неодинаковой энергетической мощностью магматических процессов, влиявших на формирование месторождений [Хомич и др., 2011].

В последние годы в регионе выявлены новые (для Юго-Востока РФ) типы месторождений благородных металлов. Остановимся на их краткой характеристике.

### **Новые типы благороднометалльного оруденения региона**

Относительно недавно вновь стали проявлять интерес к месторождениям золота в динамометаморфических комплексах. Их возникновение связывается с геодинамическими процессами в зонах коллизии окраин Сибирского кратона с окружающими его террейнами, и возникающими при этом сланцевыми поясами, сутурами, системами сдвигов и поддвигов, структурами меланжа, лозанжа и т.п. К подобного типа «коллизионным» объектам в Забайкалье *Татаринов и Яловик* [2006] причисляют Карийское, Илинское, Погромное и ряд других месторождений золота.

С локальными динамометаморфическими преобразованиями углеродсодержащей терригенно-сланцевой толщи верхоянского комплекса в зоне «пластичного» надвига (Тенькинский золоторудный район, Центральная Колыма), связывают существование нового золото-битумного типа оруденения субмикроскопического Au. *Ганжа и Ганжа*

[2004] установили, что главным концентратом Au явились низкотемпературные битумы, представленные тончайшей вкрапленностью в сотые и тысячные доли миллиметра среди пермских осадочных пород Пионерского участка Дегдеканского рудного поля. Битумы содержат до 629 г/т Au. Золото в них представлено субмикроскопическими выделениями размером от 2 x 4 до 20 x 25 мкм пробностью 730–890‰.

В связи с изложенным напомним ранее опубликованные данные о том, что в Куранахском рудном узле на глубинах 250–500 м от поверхности буровыми скважинами среди карбонатных пород были вскрыты карбонатные же прожилки с включениями пирита и углеродистого (типа битумного) вещества, содержащие высокие концентрации (в десятки и сотни г/т) Au и Ag. В битумах они достигали 12,2 г/т и 452 г/т соответственно [Бойцов, Пилипенко, 1998].

В одной из публикаций сотрудников ДВГИ ДВО РАН прошлых лет [Щеглов и др., 1984] обращалось внимание на присутствие в рудах ряда благороднометаллических месторождений твердых и жидких битумоидов. Более того, на месторождении Эльдorado (штат Колорадо, США) приток нефти на нижних горизонтах остановил работы по его освоению. Имеются и другие свидетельства реальности существования рудоносных систем, в которых благородные металлы сосуществовали в виде комплексов с органическими соединениями [Сынгаевский и др., 2007]. В свое время Поспелов [1967] прямо указывал на элементы подобия нефтяных и так называемых флюидогенных месторождений, а несколько позднее Ицксон [1979] указал на наличие общей границы (в региональном плане) у благороднометаллического и нефтяного поясов, протянувшихся в Северной Америке от арктического побережья до Мексиканского залива.

В последние годы появляется все больше новых данных о золото-платиноносности месторождений бурых углей и в целом субплатформенных угленосных впадин региона [Кузьминых, Сорокин, 2004; Середин, 2004; Середин, Томсон, 2008], которые в обозримом будущем могут стать новыми комплексными объектами эффективного недропользования.

Авторами настоящего отчета впервые выделен новый геолого-генетический тип благороднометаллического оруденения, представленный неокатанными кластогенными глыбами и обломками золотоносных жильно-метасоматических образований, сосредоточенных в поздне меловой стратифицированной толще пролювиальных отложений (фангломератов) [Khomich, Vlasov, 2004]. Недавними поисково-разведочными и эксплуатационными работами подтверждена высокая экономическая эффективность отработки такой рудоносной толщи. Ориентировочный расчет экономического эффекта от выявления названного нового типа оруденения составляет порядка 2,5 млрд. рублей (подсчитано 50000 унций Au, что при современной цене порядка 1600 долларов за унцию составляет 80 млн. долларов США, т.е. примерно 2,5 млрд. руб.).

К новому для региона типу принадлежит и месторождение Светлое, выявленное среди вторичных кварцитов Секчинской кольцевой вулканоструктуры в Охотском секторе ОЧВП [Мишин, 2007; и др.]. Поле вторичных кварцитов (10 кв. км) представляет плащеобразную залежь, по границам и в центре которой выявлены крутопадающие (килевидные) линейные зоны гидротермалитов. В сечении залежь симметрично зональна. Ее осевая (внутренняя) часть сложена алунитами, выше и ниже которых развиты диккитовые фации, сменяющиеся далее интенсивно сульфидизированными кварц-гидрослюдистыми метасоматитами, а затем пропилитами. Л. Ф. Мишин отмечает повсеместное присутствие в кварцитах барита и первично гидротермального ярозита. В килевидных телах, в местах смены диккитовых фаций алунитовыми, картируются монокварциты, для которых характерны и высокотемпературные минеральные парагенезисы. Все фрагменты залежи вторичных кварцитов характеризуются повышенными содержаниями Au (0,05–0,1 г/т) и Ag (0,1–0,5 г/т). С Au коррелируются

концентрации Be, As, Bi, Cu, Se, Te. Килевидные зоны контролируют участки промышленной золотоносности.

Минералогическими исследованиями [Alderton, Brameld, 2006] выявлены три особенности оруденения: теллуридная специализация, присутствие касситерита и относительно ограниченная распространенность простых сульфидов меди и железа. Последнее обусловлено развитием зоны окисления, глубина проникновения которой достигает 150 м. Теллуридная специализация оруденения подтверждается присутствием на различных участках месторождения самородного теллура, голдфилдита –  $\text{Cu}_{12}(\text{Te}, \text{Sb}, \text{As})\text{S}_{13}$ , сильванита ( $\text{Au}, \text{Ag}, \text{Te}_4$ ), теллурантимонита ( $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ), частой встречаемостью теллуrowисмутита ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) и теллурита ( $\text{TeO}_2$ ).

Предполагается, что присутствие касситерита обусловлено телескопированностью ранней плутоногенной (высокотемпературной, специализированной на Sn) и поздней вулканогенной (низкотемпературной, специализированной на Au и Te) минерализацией. Золото-теллуровая геохимическая специализация оруденения позволила *Алдертону и Брамелду* [2006] сравнивать Светлое с такими известными в мире месторождениями, как Эмпериор (Фиджи), Сэкарэмб (Румыния), Крипл-Крик (США) и, добавим, Кочбулак (Узбекистан).

При целенаправленных поисках в регионе возможно выявление новых месторождений Au кислотно-сульфатного типа, подобных охарактеризованному.

В новом тысячелетии в регионе выявлены проявления золото-платиноидной минерализации флюидно-магматогенного генетического типа. Часть таких проявлений, локализованных среди высокоуглеродистых метаморфических пород среднерифейского возраста в северной части Ханкайского массива, была изучена сотрудниками ДВГИ ДВО РАН [Ханчук и др., 2004, 2007]. Содержания благородных металлов в графитизированных метапородах амфиболитовой фации варьируют от 0,01 до 52 г/т для Pt, и от 0,1 до 30 г/т для Au. Повышенное содержание благородных металлов в таких рудах обусловлено, по мнению А. И. Ханчука и его соавторов, полигенной природой источников углерода и металлов в длительно развивающейся рудообразующей системе (при участии процессов магматизма, метаморфизма и метасоматизма) во фронтальной части мантийно-коровых диапиров. Слабая проявленность процессов окисления и сульфидизации, восстановительная среда при углеродизации и газотранспортном переносе металлов из глубинного источника обусловили отсутствие собственных минеральных форм элементов платиновой группы в таких рудопроявлениях, «упорность» их руд и неравномерное распределение в породах. Это затрудняет выделение наиболее перспективных площадей, но тем не менее позволяет «...предполагать существование промышленных запасов благородных металлов среди высокоуглеродистых пород иманской, уссурийской, лесозаводской серий, а также терригенных пород митрофановской и орловских свит...» [Ханчук и др., 2007, с. 79]. Не исключено, что широкий диапазон изменчивости концентраций БМ является виртуальным, поскольку обусловлен также несовершенством методов анализов, трудностями разрушения металлоуглеродных связей. Освоение подобных проявлений пока сдерживается и отсутствием эффективных технологий извлечения БМ. Не исключено, что в будущем, когда удастся решить обозначенные проблемы, они превратятся в промышленные объекты. Авторам настоящей статьи представляется, что в числе основных причин трудностей обнаружения здесь собственных минералов ЭПГ могут быть как весьма слабая проявленность вторичных гидротермально-метасоматических преобразований пород (в частности сульфидизации и окварцевания, что подчеркивают А. И. Ханчук с соавторами), так и отсутствие в районе достаточно крупных позднепалеозой-мезозойских магматических тел, обусловленных существованием САС.

Затронутая в этом разделе тема платиноносности Юго-Востока России остается одной из самых насущных. Остановимся на ее анализе с позиции возможности влияния производных САС на концентрирование ЭПГ в потенциально перспективных районах.

## Платиноносность Юго-Востока России в ареале производных Северо-Азиатского суперплюма

На Юго-Востоке России, как и во всем мире, наибольший интерес представляют расслоенные ультрабазит-базитовые и зональные щелочно-ультраосновные плутоны, сосредоточенные на Алдано-Становом щите и по его обрамлению. Выявленные здесь проявления ЭПГ принадлежат разным платинометалльным формациям: сульфидной, малосульфидной, хромитовой, титаномагнетитовой (с ванадием, медью) и комплексной. Ранее при анализе проблем платиноносности Дальнего Востока РФ констатировалось, что «...в регионе отсутствуют ресурсы (и запасы) руд платиновых металлов» [Эйрши, Степанов, 2002, с. 28]. Исследования последнего десятилетия практически не изменили ситуацию. Тем не менее, петролого-геохимическими данными обосновывается перспективность многих ультрабазит-базитовых массивов в Баладекском металлогеническом (по С. М. Родионову), Краевом гипербазитовом (по А. М. Алакшину) поясах, Становом структурном шве (по Л. П. Карсакову) и других структурах. В последние годы публикуются новые сведения о широком возрастном диапазоне формирования ультрамафит-мафитовых массивов региона: от позднего протерозоя до позднего мезозоя [Бучко, 2010]. Становление массивов соотносят с процессами рифтогенеза, коллизии, субдукции, скольжения литосферных плит и плюмового магматизма нескольких поколений. Подтверждается и влияние глубинных долгоживущих тектонических зон рифтогенного заложения на размещение месторождений собственно платиноидов. Мы полагаем, что к перечню новых знаний следует добавить геологические и петролого-геохимические данные о существовании в позднем фанерозое Северо-Азиатского суперплюма и возможном опосредованном влиянии его производных на формирование месторождений благородных металлов. Эти данные вызывают естественную необходимость дополнительного анализа закономерностей размещения проявлений ЭПГ и факторов, предопределивших их возникновение в ЮВР. Проекция контуров суперплюма во многом конформна, а иногда и полностью совмещается с провинцией новейшего внутриплитного магматизма Восточной и Центральной Азии. Обозначенные границы (рис. 2) трассируются как глубинными разломами планетарного и трансрегионального масштаба, так и выявленными в регионе палеорифтовыми сооружениями, весьма отчетливо выраженными в геофизических полях в виде уже упоминавшихся градиентных зон поля силы тяжести.

При оценке перспективности проявлений ЭПГ следует иметь в виду, что «...коренные месторождения платиновых металлов всех типов, имеющих промышленную ценность, не являются россыпеобразующими...», а большинство россыпей МПГ «...связаны с массивами ультраосновных пород альпинотипной дунит-пироксенит-габбровой и щелочно-ультраосновной формаций, которые не имеют самостоятельного значения как коренные месторождения» [Мочалов, 1997, с. 139]. И в ЮВР добыча МПГ осуществляется исключительно из россыпей, ассоциирующих с офиолитовыми ассоциациями и зональными щелочно-ультрабазитовыми массивами, расположенными вблизи градиентных зон поля силы тяжести: Байкало-Элькон-Улканской, Монголо-Охотской и др. Такие россыпи выявлены в Забайкалье (Витимо-Баргузинский район), Приамурье (Деп-Гарьский, Дамбукинский районы), Южной Якутии (Алданский район), Приохотье (Кондерский, Чадский, Феклистовский узлы), Приморье (Фадеевский узел). Фактические материалы свидетельствуют, что коренные источники практически всех промышленно-значимых платинометалльно-золотых и платинометалльных россыпей подверглись в позднем фанерозое воздействию магматических и постмагматических (гидротермально-метасоматических) производных внутриплитного (плюмового) магматизма, которым принадлежит рудообразующая роль в возникновении повышенных



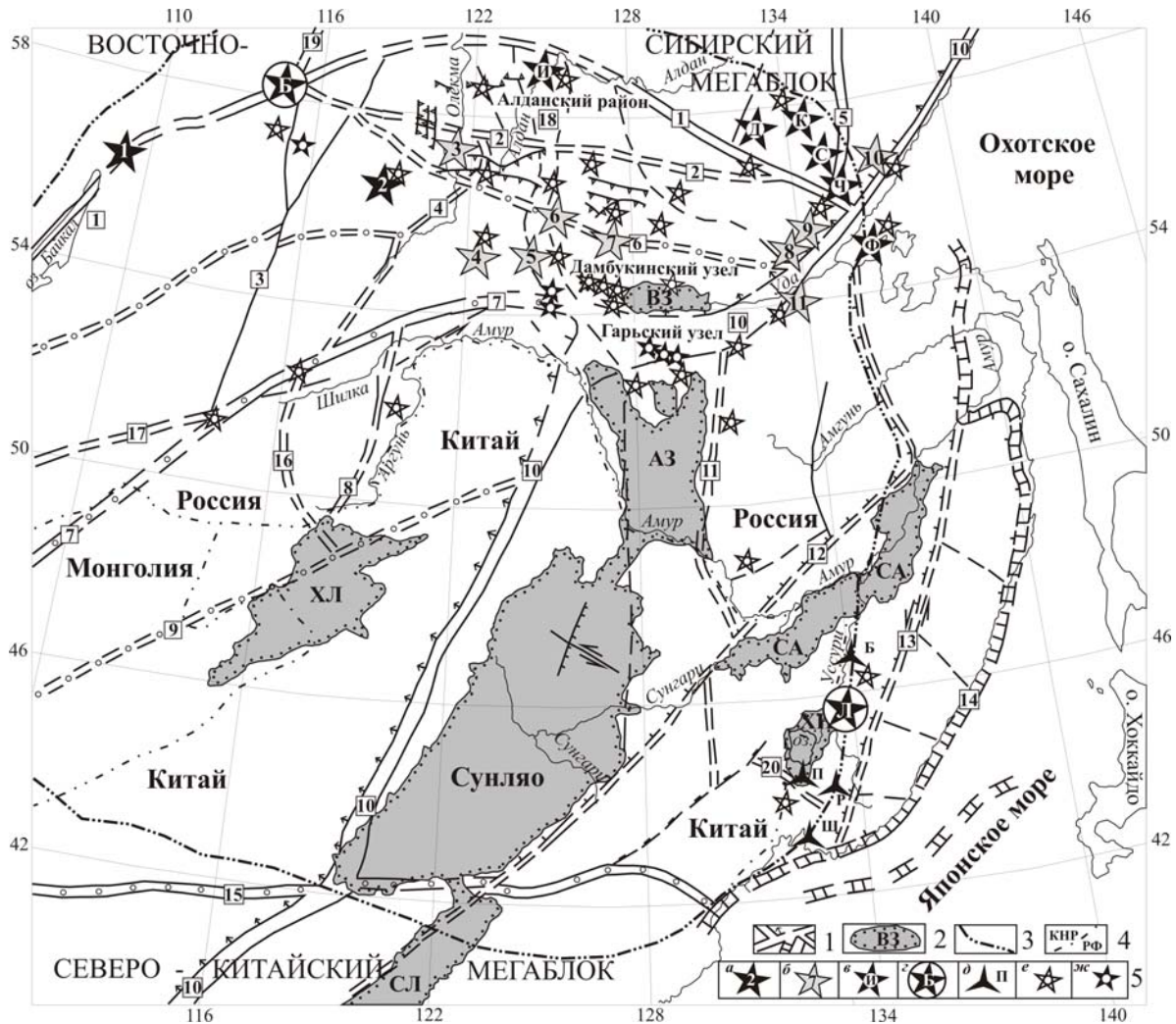
концентраций ЭПГ среди ранее возникших ультрамафит-мафитовых образований [Хомич, Борискина, 2011].

В Дамбукинском районе комплексные россыпепроявления МПГ и Au ассоциируют с расслоенными массивами: Маристым (2643±31 млн. лет) оливинит-вебстерит-габбровым, причисляемым к производным плюмового магматизма I поколения [Бучко, 2010] и Ульдегит (228±1 млн. лет) – габброидным, принадлежащим, вероятно, к производным САС. Здесь же предполагается наличие и раннемеловых габбро-пироксенит-перидотитовых штокообразных тел джалтинского комплекса [Мельников и др., 2010]. В Деп-Гарьском платинометалльно-золотом районе источниками МПГ служили магнезиальные офиолитовые дунит-гарцбургитовые образования протерозойского возраста, подвергшиеся в позднем палеозое и мезозое воздействию магматических производных САС, превративших ультрамафиты и мафиты в серпентиниты, скарны, родингиты, листвениты, иные метасоматиты, сопровождающиеся зонами прожилкования и сульфидизации. В Фадеевском узле (ЮЗ Приморье) присутствие МПГ и появление их зональных зерен обусловлено позднепалеозой-мезозойскими преобразованиями небольшого протерозой-раннепалеозойского кольцеобразного массива с дунитовым ядром и верлит-пироксенит-габбровой периферией [Щека и др., 1991]. Преобразования связаны с воздействием гранитоидных интрузий и гранитогенных гидротермально-метасоматических производных САС, что подтверждается присутствием в россыпях касситерита, вольфрамит, молибденита, минералов висмута и др.

Уникальные, крупные и средние по своим масштабам россыпи иридино-платинового типа, во многом определяющие металлогенический облик северо-восточного сектора ареала влияния САС, выявлены вблизи тех зональных щелочно-ультраосновных массивов (Инагли, Кондер, Чад, Феклистов), которые подверглись интенсивным воздействиям гранитогенных и гидротермально-метасоматических производных плюмового магматизма. Наиболее значительные концентрации МПГ в россыпях выявлены и разведаны там, где такое воздействие было наиболее масштабным не только на периферические части кольцевых массивов, но и дунитовые ядра (при внедрении штоков козьвитов, даек нефелиновых сиенитов и т.п.). Особенно ярко это видно на примере Кондерского месторождения. Если же такого воздействия не было (например, массив Сыбах), нет и россыпи.

Наложённые позднемезозойские магматические и постмагматические (гидротермально-метасоматические) процессы, по мнению многих исследователей [Касаков, Бердников, 1989; Шарков, Богатиков, 1999 и др.], обусловили сегрегирование в ядрах и по периферии массивов ранее возникшей акцессорной субмикроскопической (пылевидной) вкрапленности МПГ, формирование крупных шлировых обособлений, линз, линзовидно-прожилковых зон хромшпинелидов среди дунитов и дунит-пегматитов в эндо- и экзоконтактах гранитоидных тел. Синхронно с сегрегированием хромшпинелидов происходило их обогащение ЭПГ, что обеспечивало возникновение геохимических ореолов соответствующих элементов вплоть до появления значимых концентраций (на уровне первых г/т и более) в минерализованных зонах протяженностью в десятки и сотни метров.

Влияние гранитогенных производных САС сказалось и на концентрировании платиноидов в коренных проявлениях ЭПГ. Так в лантарской части Джугджурского анортозитового массива автономного типа на Авланджинском, Няндоминском и Одоринском участках среди линзовидных пирротиновых тел выявлена платино-палладиевая минерализация [Октябрьский и др., 2008]. Ореолы вторичных изменений (под воздействием мезозойских гранитоидов) существенно усложнили как минеральный состав, так и первичные магматические микротекстуры и структуры. Микровключения платиноидов (сперрилита, мончеита, котульскита, полуторных теллуридов Pt и Pd) в основном сосредоточены в халькопирите и пирротине из поздней низкотемпературной



**Рис. 2.** Схема размещения платиноносных районов и узлов в ареале влияния Северо-Азиатского суперплюма. Составлена авторами с использованием материалов [Лишневский, Дистлер, 2004; Середин, Томсон, 2008; Тектоника..., 2004; Хомич, Борискина, 2011; Ярмолюк и др., 2000].

1 – гравитационные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести разных порядков. Цифрами в квадратах обозначены гравитационные ступени (1–11, 14–18) и крупные сдвиговые (12, 13) системы: 1 – Байкало-Элькон-Улканская, 2 – Южно-Алданская, 3 – Патомско-Жуинская, 4 – Олекминская, 5 – Нелькано-Бурхалинская, 6 – Каларо-Становая, 7 – Монголо-Охотская, 8 – Северо-Аргунская, 9 – Синлунгоу, 10 – Хингано-Охотская (главная), 11 – Западно-Туранская, 12 – Танлу-Дунми-Нижнеамурская, 13 – Центрально-Сихотэ-Алинская, 14 – Прибрежная пограничная, 15 – Северо-Китайская, 16 – Борзя-Балейская, 17 – Чикойская, 18 – Селигдар-Верхнетимптонская, 19 – Вилуйско-Бодайбинская, 20 – Ханкайская;

2 – позднемезозойско-кайнозойские эпирифтогенные бассейны, депрессии, впадины: АЗ – Амуро-Зейская, ВЗ – Верхнезейская, СА – Саныцзян – Среднеамурская, СЛ – Силяохе, ХЛ – Тамцаг – Хайларская, ХН – Ханкайская;

3 – контуры Северо-Азиатского суперплюма;

4 – государственные границы;

5 – известные проявления коренной (*a-d*) платинометаллической минерализации и россыпей с МПГ (*e, ж*): *a, б* – в расслоенных ультрабазит-базитовых массивах: *a* – вероятной промышленной значимости (1 – Июко-Довыренский, 2 – Чинейский), *б* – геохимически специализированные на ЭПГ: 3 – Каларская ассоциация, 4 – Лукинда, 5 – Веселкинский, 6 – Танграк, 7 – Лучанский, Ильдеус, 8 – 10 – Джугджурская ассоциация, 11 – Баладекский; *в* – зональные (кольцевые) щелочно-ультраосновные массивы (И – Инаглинский, Д – Дарьинский, К – Кондерский, С – Сыбахский, Ч – Чадский, Ф – Феклистовский); *г* – в углеродистых протерозой-рифейских толщах (Б – Бодайбинский и Л – Лесозаводский районы); *д* – в кайнозойских угленосных толщах (Б – Бикинское, П – Павловское, Р – Реттиховское, Ш – Шкотовское); *e-ж* – россыпные проявления МПГ: *e* – сперилит – ферроплатиновые, *ж* – рутениридосминовые.

Признавая, что Pt-Pd минерализация эндо- и экзоконтактовых частей Чинейского расслоенного плутона (Забайкалье) возникла в результате рудно-магматической эволюции, при которой сульфидный расплав насыщался летучими и «...арсенидно-теллуридно-висмута-антимонидной составляющей, концентрирующей ЭПГ» [Толстых и др., 2008, с. 78], нельзя исключать, что это происходило под влиянием позднепермских монзонитоидных гранитоидов ингамакитского комплекса, контактирующих с массивом. Конечно, такая трактовка рудообразующей роли упомянутого комплекса требует дополнительных обоснований.

Таким образом, существование в позднем палеозое и мезозое САС и его производных послужило, по мнению авторов, причиной интенсификации рудообразующих процессов в ареале влияния суперплюма. Учитывать это обстоятельство необходимо не только при районировании региона, но и металлогенических, геолого-поисковых исследованиях. Допуская, что в местах воздействия производных САС на расслоенные ультрабазит-базитовые массивы могли возникать благоприятные условия для концентрирования ЭПГ, следует особое внимание уделять эндо- и экзоконтактовым участкам соприкасающихся разнотипных массивов даже при отсутствии около них значимых россыпей платиноидов.

## Заключение

Геологический синтез, основанный на использовании палеогеодинамических реконструкций и сведений о воздействии на гетерогенные структуры региона магматических производных САС, позволил под новым ракурсом рассмотреть особенности благороднометаллической минерагении ЮВР и установить, что основные подвижные пояса в его пределах совпадают с границами супертеррейнов и обычно выделяются градиентными зонами поля силы тяжести. К таким поясам приурочены разновозрастные магматические ареалы и дуги, являющиеся производными не только коллизионных, субдукционных, трансформных процессов, но и позднефанерозойского внутриплитного магматизма, имеющего нижнеантиклинальные корни и связанного с существованием САС. Производные последнего оказали существенное рудообразующее влияние на формирование разнотипных месторождений благородных металлов. Это влияние проявилось в возникновении большого числа локальных рудогенетических систем от собственно магматических и магмато-генно-гидротермальных до гидротермальных, а затем и экзогенных. Широта спектра проявлений благородных металлов в регионе выдвигает последний на роль потенциального лидера в наращивании сырьевой базы соответствующих элементов как за счет переоценки известных, так и обнаружения новых типов оруденения. Примером в этом отношении может служить открытие авторами нового геолого-генетического типа золотого оруденения, состоящего из кластогенных

обломков и глыб кварца в стратифицированной толще пролювиальных отложений. Экономический эффект от выявления такого оруденения составляет порядка 2–3 млрд. рублей (в зависимости от цены золота).

### **Список патентов, основных научных работ, докладов, публичных выступлений выполненных в ходе выполнения проекта**

#### **В журналах перечня ВАК**

1. *Борискина Н. Г., Хомич В. Г.* Золото-серебряные, золотые и золотосодержащие месторождения обрамления выступов докембрия Аргунского супертеррейна (Забайкалье и Верхнее Приамурье): геологическая позиция, строение, особенности вещественного состава// Вестник Томского государственного университета, 2009. № 324. С. 380–384
2. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Золотоносные площади и градиентные зоны поля силы тяжести Юго-Восточных районов России// Доклады РАН, 2009. Т. 428. № 3. С. 371–375.
3. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Региональные геолого-геофизические факторы размещения крупных золоторудных районов в южном обрамлении Сибирской платформы// Региональная геология и металлогения, 2010. № 42. С. 3–10.
4. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Структурная позиция крупных золоторудных районов Центрально-Алданского (Якутия) и Аргунского (Забайкалье) супертеррейнов// Геология и геофизика, 2010. № 6. С. 849–862.
5. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Северо-азиатский суперплюм и платиноносность Юго-востока России // Доклады РАН, 2011. Т. 436. № 3. С. 356–359.
6. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Основные геолого-генетические типы коренных месторождений золота Забайкалья и Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология, 2011. Т. 30. № 1. С. 70–96.
7. *Хомич В. Г., Фатьянов И. И., Борискина Н. Г.* Особенности геологических условий формирования золоторудных районов в терригенно-сланцевых толщах южного обрамления Северо-Азиатского кратона // Отечественная геология. 2011. № 2. С. 75–81.
8. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Рудно-россыпные проявления элементов платиновой группы в ареале производных Северо-Азиатского суперплюма (Юго-Восток России) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. 17. С. 131–141.

#### **В других изданиях**

9. *Fatyanov I. I., Khomich V. G.* Gold and tin fluid-magmatic systems: causes of combination-separation of concentration elements// Global geology, 2009. V. 12. № 1. P. 1–11.
10. *Khomich V. G., Yang Yanchen, Boriskina N. G., Yan Hongquan.* Deep-Seated structure and gold content of Russia and China contiguous territories// Global geology, 2010. V. 13. № 1. P. 33–40

*Статья подготовлена по результатам работ по проекту 1.1.20 Программы Президиума РАН №14-23-24 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов» (координаторы: ак. Леонтьев Л. И., ак. Рундквист Д. В.) 2009-2011 гг.*

## Литература

1. *Анерт Э. Э.* Что сделано и что остается выполнить в области геологического изучения русского Дальнего Востока и его рудных богатств // Материалы по геологии и полезным ископаемым Дальнего Востока. Владивосток: 1920. Вып. 1. 12 с.
2. *Анерт Э. Э.* Богатство недр Дальнего Востока. Хабаровск–Владивосток. 1928. 932 с.
3. *Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н.* Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений, 1998. Т. 40. № 4. С. 354–369.
4. *Бучко И. В.* Этапы ультрамафит-мафитового и габбро-анортозитового магматизма юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона // Автореф. дисс. докт. геол.-мин. наук. Владивосток, 2010. 47 с.
5. *Ганжа Г. Б., Ганжа Л. М.* Золото-битумная минерализация в черносланцевой толще, Центральная Колыма // Руды и металлы, 2004. № 4. С. 24–32.
6. Глубинное строение и металлогения Восточной Азии // отв. ред. Диденко А. Н., Малышев Ю. Ф., Саксин Б. Г. Владивосток: Дальнаука, 2010. 332 с.
7. *Ициксон М. И.* Металлогеническая зональность Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Недра, 1979. 231 с.
8. *Карсаков Л. П., Бердников Н. В.* Условия образования и преобразования пород Кондерского щелочно-ультраосновного массива и особенности локализации связанного с ним оруденения // Тихоокеанская геология. 1989. № 5. С. 32–36.
9. *Кривцов А. И.* Моделирование рудных месторождений - прикладное значение и геолого-генетические следствия. Обзор изданий ЦНИГРИ // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 60–71.
10. *Кузьминых В. М., Сорокин А. П.* Миграция и накопление золота при гипергенных процессах // Вестник ДВО РАН, 2004. № 2. С. 113–119.
11. *Мельников А. В., Моисеенко В. Г., Мельников В. Д.* Платиноносность базит-гипербазитовых комплексов Дамбукинского рудного района Верхнего Приамурья (Дальний Восток, Россия) // Докл. РАН. 2010. Т. 435. № 5. С. 673–676.
12. *Мишин Л. Ф.* Гидротермально измененные породы и условия образования Au-Ag месторождений кислотно-сульфатного типа // Тектоника и металлогения Северной Циркум-Пацифики и Восточной Азии. Хабаровск, 2007. С. 507–510.
13. *Мочалов А. Г.* Россыпи платиновых металлов // Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минерагения, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы). Отв. ред. Лаверов Н. П. и Патык-Кара Н. Г. М.: Научный мир, 1997. С. 127–164.
14. *Октябрьский Р. А., Соляник А. Н., Ленников А. М. и др.* Благороднометалльная и оксидная минерализация в массивных сульфидных рудах Джугджурского анортозитового массива // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 391–413
15. *Поспелов Г. Л.* Элементы геологического подобия нефтяных и флюидогенных месторождений // Геология и геофизика, 1967. № 11. С. 3–22.
16. *Середин В. В.* Au-PGE минерализация на Павловском буроугольном месторождении, Приморье // Геология рудных месторождений. 2004. № 1. С. 43–73.
17. *Середин В. В., Томсон И. Н.* Кайнозойская рифтогенная металлогения Приморья // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 192–209.

18. *Сынгаевский Е. Д., Щегольков Ю. В., Витоженец Г. Ч. и др.* Изотопно-геохимические признаки трансформации углей и битумов при формировании различных типов рудной минерализации. Сообщение 1. Изотопно-геохимические признаки структурной трансформации углей и битумов // Литология и полезные ископаемые. 2007. № 5. С. 468–485.
19. *Татаринов А. В., Яловик Л. И.* Динамометаморфизм – главный фактор формирования коллизионных месторождений золота // Золоторудные месторождения Востока России: Труды III Всероссийского симпозиума "Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2006. С. 32–49.
20. *Толстых Н. Д., Орсов Д. А., Кривенко А. П. и др.* благороднометалльная минерализация в расслоенных ультрабазит-базитовых массивах юга Сибирской платформы. Новосибирск: Параллель, 2008. 194 с.
21. Тектоника, глубинное строение и минералогия Приамурья и сопредельных территорий // Отв. ред. Шатков Г. А., Вольский А. С. СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 190 с.
22. *Ханчук А. И., Плюснина Л. П., Молчанов В. П.* Первые данные о золото-платиноидном оруденении в углеродистых породах Ханкайского массива и прогноз крупного месторождения благородных металлов в Приморском крае // Доклады РАН, 2004. Т. 397. № 4. С. 524–529.
23. *Ханчук А. И., Плюснина Л. П., Молчанов В. П., Медведев Е. И.* Благородные металлы в высокоуглеродистых метаморфических породах Ханкайского террейна, Приморье // Тихоокеанская геология, 2007. Т. 26. № 1. С. 70–80.
24. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Глубинное строение и золотоносность Юго-Востока России // Известия ВУЗов. Геология и разведка, 2009. № 6. С. 32–38
25. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Северо-азиатский суперплюм и платиноносность Юго-Востока России // Доклады РАН, 2011 а. Т. 436. № 3. С. 356–359.
26. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Рудно-россыпные проявления элементов платиновой группы в ареале производных Северо-Азиатского суперплюма (Юго-Восток России) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011 б. № 1. Вып. 17. С. 131–141.
27. *Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Основные геолого-генетические типы коренных месторождений золота Забайкалья и Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология, 2011 в. Т. 30. № 1. С. 70–96.
28. *Хомич В. Г., Фатьянов И. И., Борискина Н. Г.* Особенности геологических условий формирования золоторудных районов в терригенно-сланцевых толщах южного обрамления Северо-Азиатского кратона // Отечественная геология. 2011. № 2. С. 75–81.
29. *Шарков Е. В., Богатиков О. А.* Петрологические аспекты механизмов концентрирования платиноидов в магматическом процессе (на примере расслоенных интрузивов) // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М.: АО «Геоинформмарк», 1999. Т. IV. С. 152–169.
30. *Щеглов А. Д., Хомич В. Г., Говоров И. Н.* Металлогения серебра Тихоокеанского сегмента Земли // Тихоокеанская геология. 1984. № 4. С. 3–13.
31. *Щека С. С., Вржосек А. А., Сапин В. И. и др.* Преобразования минералов платиновой группы из россыпей Приморья // Минералогический журнал. 1991. Т. 13. № 1. С. 31–40.
32. *Эйриси Л. В., Степанов В. А.* Платиноносность Дальнего Востока: районирование, закономерности, проблемы // Тихоокеанская геология. 2002. Т. 21. № 3. С. 27–39.

33. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Иванов В. Г. Внутриплитная позднемезозойско-кайнозойская вулканическая провинция Центральной Восточной Азии проекция горячего поля мантии // Геотектоника. 1995. № 5. С. 41–67.
34. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Кузьмин М. И. Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3–29.
35. Alderton D. H. M., Brameld F. C. Telluride mineralization at the Svetloe gold prospect, Khabarovsk krai, Eastern Russia // Au-Ag-telluride-selenide deposits. Field Workshop. 24–29 September, Izmir, Turkey, 2006. P. 1–5.
36. Khomich V. G., Vlasov N. G. The Pokrovka epithermal gold deposit // Metallogeny of the Pacific Northwest (Russian Far East): Tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Interim IAGOD Conference 1–20 September. Vladivostok, Russia. Excursion guidebook. Dalnauka Publishing House, Vladivostok, 2004. P. 72–86.