

## ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ЮГО-ВОСТОКЕ РОССИИ

**В.Г. Хомич, Н.Г. Борискина**

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,  
690022, Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159, Россия*

Юго-восток России занимает пространство к югу от Сибирской платформы и к востоку от оз. Байкал вплоть до побережий Охотского и Японского морей.

Основная часть рудно-россыпных проявлений элементов платиновой группы (ЭПГ) в его пределах сосредоточена южнее Сибирской платформы, преимущественно на площади Байкало-Алдано-Станового мегаблока. Благороднометалльные россыпи, содержащие переменные количества минералов платиновой группы (МПГ), ассоциируют в регионе с разновозрастными ультрамафит-мафитовыми комплексами, представленными расслоенными, зональными (кольцевыми) массивами и полями офиолитов. Платинометалльная минерализация выявлена также в стратифицированных углеродистых толщах разного возраста, нескольких буроугольных месторождениях, расположенных на площади кайнозойских зон рассеянного рифтинга и внутриплитного магматизма, одним из центров которых считается Уссурийская плюмовая структура. Данные о широкой распространенности в регионе проявлений плюмового магматизма нескольких поколений указывают на возможность нового подхода к исследованию дополнительных факторов, повлиявших на образование и размещение платинометалльного оруденения. В результате синтеза геологических, геофизических, геохимических и минералогических материалов установлено, что условия, благоприятствовавшие формированию платиноносных образований, предопределены в основном плюмовым рудогенерирующим магматизмом. Им обусловлено возникновение (в неоархее, протерозое) расслоенных, а в фанерозое зональных ультрамафит-мафитовых массивов, подвергшихся затем воздействию рудообразующих магматогенно-флюидно-метасоматических процессов. Наиболее благоприятные условия для концентрирования ЭПГ создавались в местах наложения поздних гранитогенных образований на ранее возникшие расслоенные, зональные массивы, офиолитовые комплексы и стратифицированные углеродистые толщи.

*Плюмы, платиноносные рудно-россыпные районы, научные основы прогноза.*

### LOCALIZATION OF PGE MINERALIZATION IN SOUTHEASTERN RUSSIA

**V.G. Khomich and N.G. Boriskina**

Southeastern Russia occupies an area south of the Siberian Platform and east of Lake Baikal, up to the coasts of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan.

Most of PGE placers are localized south of the Siberian Platform, mainly within the Baikal–Aldan–Stanovoi megablock. Noble-metal placers formed by PGE minerals in varying amounts are associated with the regional mafic–ultramafic complexes of different ages, namely, layered, zoned (ring) massifs and ophiolite fields. PGE mineralization is also found in layered carbonaceous strata of different ages and in several brown-coal deposits localized in the Cenozoic zones of dispersed rifting and intraplate magmatism. One of the magmatism centers is the Ussuri plume structure. The widespread regional manifestations of plume magmatism of different ages permit the development of a new approach to study the additional factors that affected the formation and localization of PGE mineralization. Based on geological, geophysical, geochemical, and mineralogical data, we have established that the conditions favorable for the formation of platinum-bearing deposits resulted mainly from ore-generating plume magmatism. This magmatism gave rise to layered (in the Neoproterozoic and Proterozoic) and zoned (in the Phanerozoic) mafic–ultramafic massifs, which were later subjected to ore-producing magmatogene-fluid-metasomatic processes. The most favorable conditions for PGE concentration appeared in zones where late granite deposits were superposed on early layered, zoned massifs, ophiolite complexes, and layered carbonaceous strata.

*Plumes, Pt placer districts, scientific bases of prediction*

### ВВЕДЕНИЕ

Элементы платиновой группы (ЭПГ) извлекаются в промышленных масштабах из ограниченного числа магматических месторождений, содержащих около 99 % разведанных и прогнозируемых запасов платиноидов [Додин и др., 2000]. Основные вместилища соответствующих месторождений — крупные

расслоенные ультрамафит-мафитовые массивы докембрийских щитов. Считается, что такие массивы возникли вследствие самых мощных в истории Земли плюмовых процессов [Abbott, Isley, 2002]. Именно их интенсивностью предопределены многие особенности платинометалльной минерации [Розен, 2011].

На юго-востоке России (ЮВР) выявлены проявления ЭПГ разных платинометалльных формаций: сульфидной, малосульфидной, хромититовой, титаномагнетитовой (с ванадием, медью), комплексной платиноидно-редкометалльной. Они ассоциируют с расслоенными ультрабазит-базитовыми и зональными щелочно-ультраосновными плутонами, сосредоточенными на Алдано-Становом щите и по его обрамлению.

В последние годы получены новые данные о широком возрастном диапазоне становления ультрамафит-мафитовых массивов региона: от позднего неогархейя и протерозоя до позднего мезозоя и кайнозоя [Сальникова и др., 2004; Зорин и др., 2006; Ларин и др., 2006; Бучко и др., 2010; Гонгальский, 2012]. Их формирование связывают с разными геодинамическими процессами, но в основном с плюмовым магматизмом нескольких поколений.

Кроме традиционных магматических на территории ЮВР обнаружены новые типы проявлений ЭПГ, приуроченные к разновозрастным черносланцевым, графитоносным, а также кремниевым и угленосным толщам [Дистлер и др., 1996; Середин, 2004; Ханчук и др., 2004; Казаченко и др., 2009; Рождествова, Сорокин, 2010].

К перечню новых представлений о платинометалльной минерации региона следует добавить геологические и петролого-геохимические данные о существовании на его площади горячего поля мантии [Зоненшайн, Кузьмин, 1993], отдельных горячих точек [Ярмолюк и др., 1997], крупного мантийного клина (КМК) [Жао Дапенг и др., 2010], Северо-Азиатского суперплюма (САС) [Ярмолюк и др., 2000; Парфенов и др., 2003; Добрецов и др., 2010] и их возможном опосредованном влиянии на формирование месторождений благородных металлов.

Цель настоящей обзорной публикации состоит в геологическом синтезе имеющихся тектонических, геофизических, петролого-геохимических, геохронологических, минералогических материалов по платиноносности юго-востока России для выявления региональных особенностей размещения соответствующего оруденения, совершенствования научного прогноза и оценки новых его проявлений.

## ПОЛОЖЕНИЕ ИЗВЕСТНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЭПГ В РЕГИОНЕ

Наиболее известные рудно-россыпные проявления ЭПГ сосредоточены в южной части Северо-Азиатского кратона, примыкающей к Сибирской платформе. В северо-западном секторе региона (рис. 1) платинометалльная минерализация выявлена в Довыренском, Чинейском расслоенных массивах и золоторудных месторождениях Бодайбинского района [Орсоев и др., 1995; Дистлер и др., 1996; Гонгальский, Криволуцкая, 1999; Толстых и др., 2008]. Границы этого сектора фиксируются градиентными зонами поля силы тяжести [Тектоника..., 2004; Хомич, Борискина, 2011].

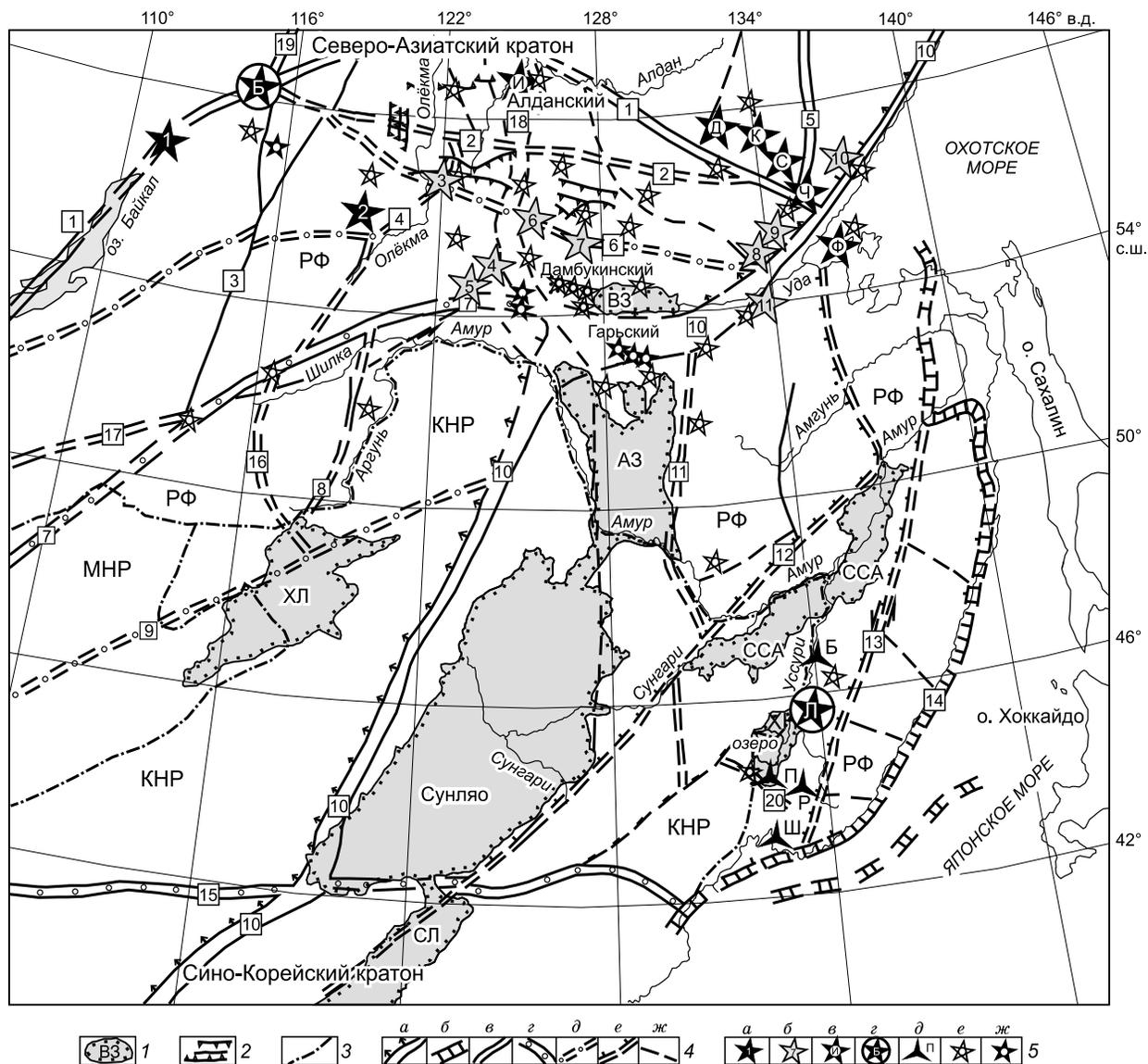
Северо-восточная часть ЮВР отличается от северо-западной значительным числом россыпных проявлений МПГ, в том числе ассоциирующих с кольцевыми щелочно-ультраосновными массивами. Одна из его границ совмещается с фрагментами Байкало-Элькон-Улканской и Нелькано-Бурхалинской, а другая — с Монголо-Охотской градиентными зонами поля силы тяжести (см. рис. 1).

В юго-восточной части региона, где геологические образования Центрально-Азиатского орогенного мегапояса, принадлежащие Ханкайскому супертеррейну, контактируют с коллизионно-субдукционными, горст-аккреционными и рифтогенными сооружениями Тихоокеанской окраины Азии, расположены Ариадненский Ti-Fe(+V) и Cr-ЭПГ металлогенический пояс [Геодинамика..., 2006], потенциально крупный Лесозаводский золотоплатиноидный район [Ханчук и др., 2004], площади развития металлогенных триасово-юрских толщ [Казаченко и др., 2009] и пояса кайнозойских платобазальтов [Ярмолюк и др., 2011], в ассоциации с которыми обнаружены проявления ЭПГ [Середин, 2007]. В частности, платинометалльная минерализация выявлена в Нижнебикинском, Павловском, Реттиховском и других бурогольных месторождениях [Середин, 2004], расположенных в местных кайнозойских депрессиях среди базальтовых плато.

## КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНОТИПНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЭПГ НА ЮГО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Принимая во внимание отмеченную разнотипность платинометалльных проявлений, предлагается рассмотреть особенности их размещения в регионе с учетом приуроченности к магматическим или терригенным образованиям.

**Проявления ЭПГ в магматических комплексах.** Геохронологическими исследованиями последнего десятилетия получены доказательства многоэтапности развития габбро-анортозитового и мафит-ультрамафитового магматизма на территории ЮВР. Становление неогархейских, палеопротерозой-



**Рис. 1. Схема размещения платиноносных районов и узлов на территории юго-востока России, составлена авторами с использованием материалов [Тектоника..., 2004; Середин, Томсон, 2008].**

1 — позднемезозойско-кайнозойские эпирифтогенные бассейны, депрессии, впадины: АЗ — Амуро-Зейская, ВЗ — Верхнезейская, ССА — Саньцзян-Среднеамурская, СЛ — Силяохе, ХЛ — Тамцаг-Хайларская, ХН — Ханкайская; 2 — некоторые надвиги и разломы; 3 — государственные границы; 4 — гравитационные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести разного масштаба: а — планетарные, б — Притихоокеанской субконтинентальной системы глубинных сдвигообразований, в — глобальные, ограничивающие мегаблоки I порядка, г — региональные, разделяющие блоки II порядка, д — субрегиональные, е — локальные, ж — прочие градиентные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести; цифрами в квадратах обозначены гравитационные ступени (1—11, 14—20) 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; 5 — известные проявления (арабские цифры и заглавные буквы) коренной (а—д) платинометалльной минерализации и россыпей с МПГ (е, ж): а, б — в расслоенных ультрабазит-базитовых массивах: а — промышленной значимости (1 — Йоко-Довыренский, 2 — Чинейский плутоны), б — геохимически специализированные на ЭПГ (3 — Каларская ассоциация, 4 — Лукиндинский, 5 — Веселкинский, 6 — Тангракский, 7 — Лучанский, Ильдеусский массивы, 8—10 — Джугджурская ассоциация, 11 — Баладекский массив); в — зональные (кольцевые) щелочно-ультраосновные массивы (И — Инаглинский, Д — Дарьинский, К — Кондерский, С — Сыбахский, Ч — Чадский, Ф — Феклстовский); г — в углеродистых протерозой-рифейских толщах (Б — Бодайбинский и Л — Лесозаводский районы); д — в кайнозойских угленосных впадинах и по их обрамлению (Б — Бикинское, П — Павловское, Р — Реттиховское, Ш — Шкотовское месторождения; е, ж — россыпные проявления МПГ: е — сперриллит-ферроплатиновые, ж — рутениридосминовые.

ских, позднерифейских, пермотриасовых и позднемезозойских интрузивов связывается с деятельностью плутов нескольких поколений [Ларин и др., 2006; Бучко, 2010; Добрецов и др., 2010; Бучко и др., 2012]. Свидетельства сложности, многоступенчатости развития магматических и сопряженных с ними метасоматических процессов при формировании отдельных расслоенных плутонов, повлиявших на продуктивность локализованного в них платиноидного оруденения, содержатся в публикациях Э.Г. Конникова с коллегами [1999], Н.Д. Толстых с соавторами [2008], Б.И. Гонгальского [2012]. Не случайно и самые крупные в мире районы сосредоточения промышленных месторождений ЭПГ (Бушвельд, Стиллиуотер, Норильск) ассоциируют именно с гигантскими расслоенными массивами, в пределах которых активно проявились флюидно-метасоматические процессы [Гурская, 2011; Зотов, 2011]. Мафит-ультрамафитовые плутоны ЮВР содержат лишь проявления платиноидов. Возможно, это связано с трудностями выявления «критических зон», так называемых рифов локализации высоких концентраций ЭПГ. Однако размеры массивов относительно невелики, достигая десятков-сотен квадратных километров (при мощности 3—5 км). При этом для изучения доступна относительно небольшая часть их разреза.

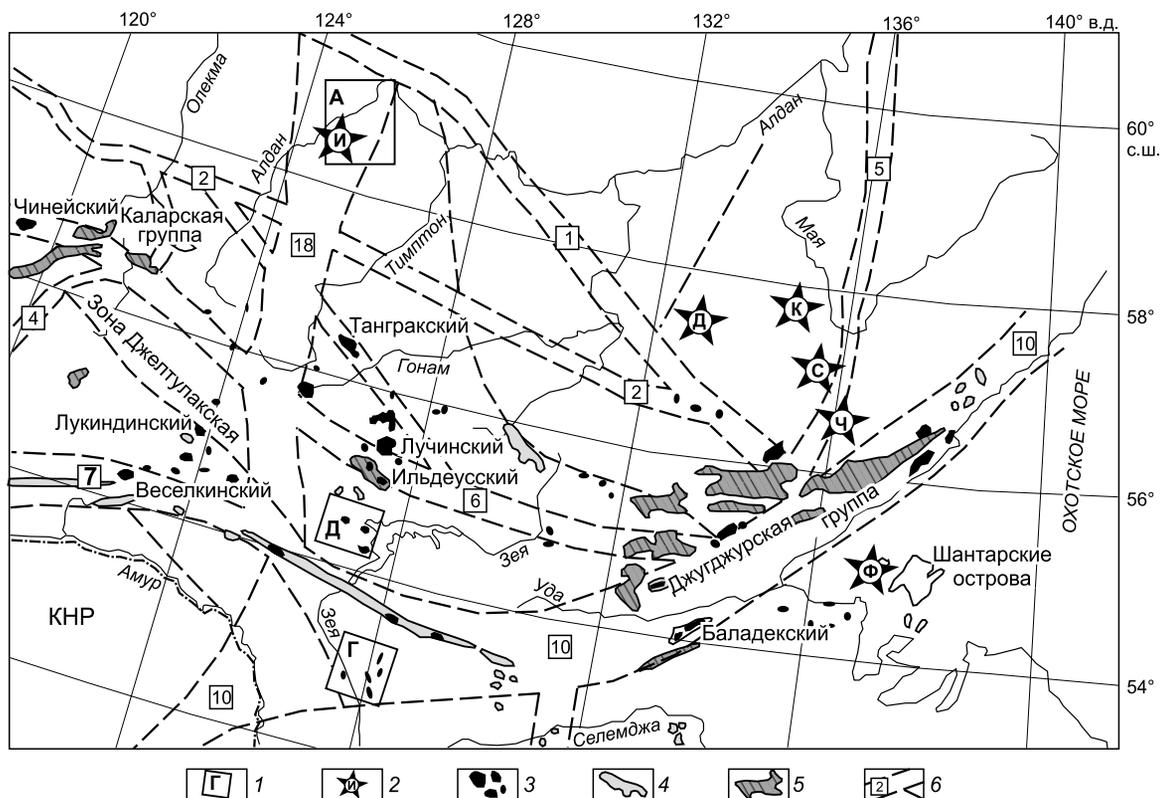
Самым известным из расслоенных платиноносных массивов ЮВР является Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый плутон, расположенный среди позднепротерозойских карбонат-терригенных отложений [Орсов и др., 1995]. Его абсолютный возраст, определенный разными методами (Sm-Nd, Rb-Sr), колеблется от  $700 \pm 35$  до  $740 \pm 55$  млн лет [Толстых и др., 2008]. благороднометаллическая (золотоплатиноидная) минерализация представлена в нем двумя типами: сульфидной, сопутствующей Cu-Ni оруденению, и малосульфидной, сопряженной с рассеянной рудной вкрапленностью. Последняя сосредоточена на четырех уровнях. Особая роль в ее формировании отводится флюидному режиму [Конников и др., 1999]. Детальная характеристика оруденения массива содержится в публикациях В.В. Дистлера, Э.Г. Конникова, Д.А. Орсова, Г.В. Полякова, Н.Д. Толстых с соавторами и здесь не приводится.

Другие известные расслоенные плутоны сосредоточены в Байкало-Каларо-Становом гипербазитовом поясе [Алакшин, Карсаков, 1985; Лишневицкий, Дистлер, 2004]. В нем размещены относительно крупные поля позднеархейских (2.62 млрд лет) каларских и раннепротерозойских (1.74—1.70 млрд лет) джугджурских габбро-анортозитовых комплексов [Сальникова и др., 2004; Ларин и др., 2006], перспективные не только на апатит-ильменит-титаномагнетитовые и апатит-ильменитовые руды, но и платиноиды (рис. 2).

В северо-восточном секторе ЮВР платиносодержащее ильменит-титаномагнетитовое оруденение установлено в габбро-анортозитовых массивах автономного типа джугджурской группы. Сульфидная (массивная, вкрапленная) минерализация, состоящая преимущественно из пирротина (с примесью пирита и халькопирита), содержит ЭПГ, Au и Ag. В линзовидных пирротитовых телах концентрации Pt и Pd достигают 9.4 и 3.2 г/т соответственно [Соляник и др., 1999; Октябрьский и др., 2008]. Платиноиды представлены в основном мончеитом  $Pt(Te, Bi)_2$  и сперрилитом ( $PtAs_2$ ). Здесь же обнаружено высокопробное золото с незначительной примесью Ag, Cu, Pt и Pd. В Лантарском массиве (джугджурская группа) сотрудниками ДВГИ ДВО РАН выделены три специфические зоны. В верхней из них, сложенной среднекрупнозернистыми, иногда пегматоидными габбро-анортозитами, сосредоточена основная часть массивного и вкрапленного пирротитового оруденения, содержащего ЭПГ (Авланджинский, Няндоминский, Одоринский участки). Здесь закартированы ореолы вторичных изменений, «... обусловленные воздействием мезозойских гранитоидов и существенно усложнившие как минеральный состав, так и первичные магматические микротекстуры и структуры» [Октябрьский и др., 2008, с. 394]. Микровключения платиноидов (сперрилита  $PtAs_2$ , мончеита  $Pt(Te, Bi)_2$ , котульскита  $Pd(Te, Bi)$ , полупторных теллуридов Pt и Pd) в основном сосредоточены в халькопирите и пирротине, принадлежащих низкотемпературной магнетит-пиритовой ассоциации, возникшей под воздействием более поздних гидротермально-метасоматических процессов на собственно магматический (главный) пентландит-халькопирит-пирротитовый комплекс.

Несколько ультрамафит-мафитовых массивов известно на территории Северного Забайкалья. Наиболее изученным из них является Чинейский [Гонгальский, Криволуцкая, 1993; Толстых и др., 2008; Гонгальский, 2012]. Этому плутону, формировавшемуся в раннем протерозое ( $1880 \pm 15.9$ — $1875 \pm 15.9$  млн лет, Ar/Ar метод [Толстых и др., 2008] или  $1858 \pm 17$ — $1811 \pm 27$  млн лет, U-Pb метод по циркону [Гонгальский, 2012]), присуща значительная расслоенность (габбро, габбронориты, нориты с телами анортозитов и редкими прослоями пироксенитов) и наличие крупных месторождений титаномагнетитовых (Этырко, Магнитное) и медно-сульфидных руд (Рудное, Верхне- и Нижнечинейское, Сквозное, Контактное), содержащих Pt и Pd до 2 и 11 г/т соответственно (рис. 3).

По мере приближения к краевым приконтактовым образованиям фиксируется смена высокотемпературных (пирротитовых) парагенезисов ЭПГ на низкотемпературные (халькопиритовые) и возрастает связь ЭПГ с сульфоарсенидами. Главными концентраторами Pd являются интерметаллические соеди-



**Рис. 2. Схема размещения рудно-россыпных (Pt-Au) районов и мафит-ультрамафитовых массивов в северо-восточной части юго-востока России, по [Алакшин, Карсаков, 1985; Ельянов, Андреев, 1991; Гурович и др., 1994; Бучко, 2010; Хомич, Борискина, 2011] с изменениями и дополнениями.**

1 — крупные платинометалльно-золотые рудно-россыпные районы и узлы: А — Алданский, Д — Дамбукинский, Г — Гарьский; 2 — зональные (кольцевые) платиноносные щелочно-ультраосновные массивы: Д — Дарьинский (Димов), И — Инаглинский, К — Кондерский, С — Сыбахский, Ф — Феклистовский, Ч — Чадский; 3—5 — потенциально платиноносные расслоенные ультрамафит-мафитовые массивы с преобладанием: 3 — гипербазитов, 4 — габброидов, 5 — анортозитов, 6 — градиентные зоны поля силы тяжести разного масштаба, их номера (в квадратах) и названия приведены на рис. 1.

нения с Те, Вi, реже с Sb и Sn, а Pt в основном находится в виде сперилита [Гонгальский, Криволицкая, 1999; Толстых и др., 2008].

Позднемагматические сульфидные (вкрапленные и линзовидно-жилые) руды сосредоточены на западном и восточном флангах массива в его приподошвенной (краевой) части, где закартированы тела монцодиоритов и лампрофиров [Гонгальский, Криволицкая, 1993].

Подобные образования, а также еще более поздние флюидно-магматические брекчии с лампрофировым и габброноритовым цементом образуют не только силлы в приподошвенной части Чинейского массива, но также дайки и трубообразные тела внутри него [Гонгальский, 2012]. Может быть, формирование месторождений сульфидов, расположенных по периферии Чинейского массива (Рудное, Верхнечинейское, Сквозное, Контактное), обусловлено перераспределением сульфидов и под воздействием интрузивных производных позднепалеозойского ингамакитского комплекса? В пользу такого предположения, по мнению авторов, свидетельствуют данные, приводимые Б.И. Гонгальским, «... о более позднем формировании сульфидов относительно габброидов» [Гонгальский, 2012, с. 31] на месторождении Рудное, где экзоконтактовая сульфидная платиноникелево-медная минерализация выявлена значительно глубже (на 500 м) нижнего контакта чинейских габброидов. А богатое золотоплатинородное пневматолито-гидротермальное оруденение Правоингамакитского месторождения, находящегося в ближайшем обрамлении массива (см. рис. 3), имеет «... черты сходства с экзоконтактовыми рудами месторождения Рудное...» [Гонгальский, 2012, с. 33].

Отметим, что хорошо изученные щелочно-ультраосновные массивы ЮВР (Инаглинский, Кондерский, Феклистовский, Чадский) представляют собой изометричные тела с субвертикальными контактами и сложным зонально-кольцевым строением. В центре массивов выделяются подвергшиеся серпентинизации хромитоносные дунитовые ядра, окруженные хромитоносными же оливинитами, клино-



пироксенитами (либо флогопит-пироксенитами) и перидотитами, затем косьвитами, магнетит-биотит (амфибол)-пироксеновыми породами, шонкинитами, габбро, диоритами, сиенитами, сиенит-порфирами и т.п. [Ельянов, Андреев, 1991; Гурович и др., 1994].

В ядре самого крупного Кондерского массива распространены преимущественно серпентинизированные форстеритовые дуниты с рассеянной акцессорной минерализацией хромита и ЭПГ, окруженные кольцевыми интрузиями рудных пироксенитов (косьвитов), габбро и гранодиоритов, монцонитов, граносиенитов.

Специальными петрологическими и термобарогеохимическими исследованиями [Авдонцев, Малич, 1987; Карсаков, Бердников, 1989; Симонов и др., 2011] засвидетельствовано, что формирование кондерского комплекса пород сопровождалось притоком большого количества флюидов. Под воздействием последних возникли разнообразные метасоматические образования и по ультраосновным, и по кислым породам. Это привело к мобилизации и переотложению рассеянной в дунитах мелкодисперсной платиновой минерализации в локальные зоны и прожилки.

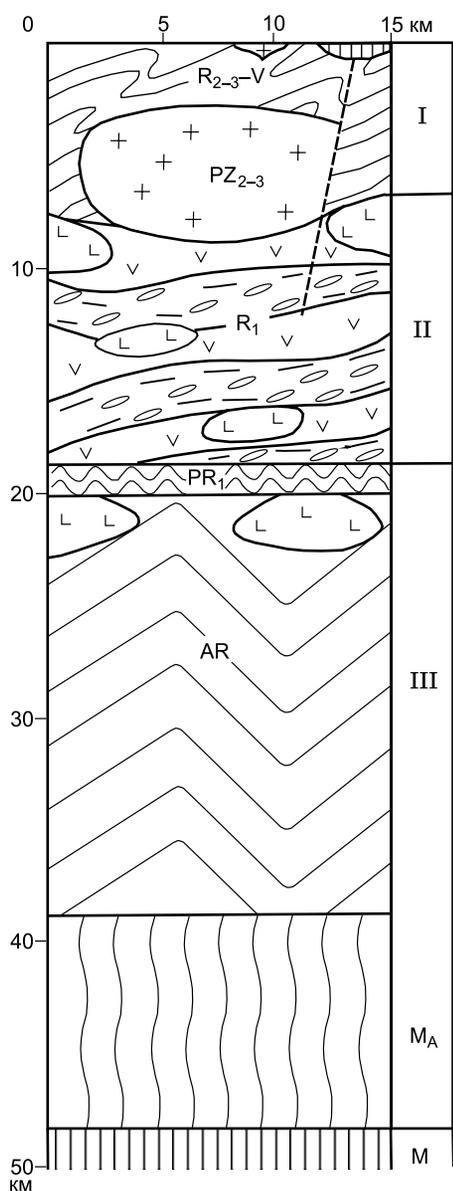
Платинометаллическая (в основном Ir-Os) минерализация офиолитовых комплексов изучена преимущественно в Монголо-Охотском подвижном поясе ЮВР. На его площади находится несколько россыпей золота, содержащих МПГ. Широко известным россыпным платинометаллическо-золотым узлом является Гарьский (Приамурье), расположенный в краевой части Усть-Депского массива ультраосновных пород, площадью порядка 350 км<sup>2</sup> ((8—10) × 45 км). Массив сложен гипербазитами дунит-гарцбургитовой формации (апогарцбургитовые серпентиниты, листовениты, родингиты и др.) и габброидами, залегающими среди офиолитовых вулканитов (базальты, андезиты, включая коматииты и лампроиты), превращенных в зеленые сланцы. Содержания платиноидов в измененных ультрамафитах достигают тысячных, сотых и десятых долей грамм на тонну [Мельников и др., 2006]. В протолочках бороздовых проб, а также в шлихах из элювия кор выветривания таких пород и делювия обнаружены зерна МПГ в ассоциации с самородным золотом, касситеритом и киноварью. Основными источниками МПГ и Au служили метасоматически преобразованные ультрамафит-мафитовые породы и зоны прожилкования, сульфидизации, скарнирования в них.

Не случайно наши предшественники пришли к выводу о том, что крупномасштабная мобилизация благородных металлов и их ступенчатое концентрирование (вплоть до формирования значительных скоплений) происходили под влиянием поздних (PZ—MZ) тектономагматических, метасоматических и гидротермальных процессов, воздействовавших на докембрийские мафит-ультрамафитовые образования [Иванов и др., 1999].

**Проявления ЭПГ в стратифицированных толщах.** Наиболее крупным платиноидно-золоторудным объектом региона, приуроченным к черносланцевым толщам, является Бодайбинский район. Характерна его позиция, он находится в экзоконтактовой части Ангаро-Витимского гранитоидного супербатолита (ареал-плутона), который В.В. Ярмолюк, М.И. Кузьмин и их соавторы рассматривают в качес-

**Рис. 3. Геолого-металлогеническая схема Удокан-Чинейского рудного района (А) и геологическая карта Чинейского расслоенного массива (Б), по [Гонгальский, Криволицкая, 1993; Карта..., 2005; Гонгальский, 2012] с упрощениями.**

А: 1 — кайнозойские озерные, речные и ледниковые отложения, нерасчлененные; 2 — трахибазальты Удоканского лавового плато ( $\beta N_2-Q$ ); 3 — угленосные алевропесчаниковые отложения, континентальные ( $J_3-K_1$ ); 4 — ингамакитский гипабиссальный монцонит-гранит-гранодиоритовый ( $\gamma \delta P_2$ ) и сакунский интрузивный псевдолейцитит-нефелин-сиенитовый ( $\xi P_2$ ) комплексы; 5 — терригенно-карбонатные отложения платформенного чехла (верхнекаларская серия) ( $V-O$ ); 6 — палеопротерозойские расслоенные базит-гипербазитовые интрузии (чинейский комплекс) ( $\nu PR$ ); 7 — метаалевролитопесчаниковые меденосные отложения (удоканская и др. серии) ( $PR_1$ ); 8 — разновозрастные ( $PR-PZ$ ) динамометаморфические комплексы (верхнеолеомкинский и др.); 9 — нерасчлененные мигматит-гранитовые плутонометаморфические образования древнеостанового и др. комплексов ( $AR_1-PR_1$ ) и гранитоиды кодарского комплекса ( $\gamma PR_1$ ); 10 — габбро-анортозиты, пироксениты олекмо-каларского комплекса ( $\eta AR_2$ ); 11 — крупные разломы; 12—15 — рудные комплексы (месторождения, в том числе уникальные, крупные и рядовые) различного происхождения: 12 — чинейский магматический расслоенный (Cu — платиноидно-медный, Fe-Ti-V — платиноносодержащий железотитанованадиевый), 13 — катугинский редкометаллический тектонометасоматический, 14 — удоканский платиноидно-медный, стратиформный, 15 — сакунский небокситового алюминиевого сырья. Б: 1 — четвертичные отложения; 2 — базальты неоген-четвертичного возраста; 3 — сульфидная минерализация: а — вкрапленная (в магматитах и осадочных породах), б — линзовидно-жилная; 4 — лампрофиды и их брекчии; 5 — монцодиориты (предположительно позднепалеозойские); 6 — позднепалеозойские гранитоиды ингамакитского комплекса ( $\gamma P_2i$ ); 7 — дайки габбро-диабазов; 8—10 — фации Чинейского расслоенного плутона (чинейский комплекс): 8 — низкотитанистые габброиды, 9 — анортозиты, лейкогаббро, 10 — высокотитанистые габброиды: а — железорудная серия, б — лейкогаббровая; 11 — пластовые и линзовидные тела титаномангнетитовых руд; 12 — терригенно-карбонатные породы удоканской серии, нерасчлененные; 13 — разломная зона. Буквами (в темных кружках) обозначены месторождения экзоконтактовых сульфидных руд: В — Верхнечинейское, К — Контактное, Н — Нижнечинейское, П — Правоингамакитское, Р — Рудное, С — Сквозное.



**Рис. 4. Глубинный разрез земной коры и верхней части мантии Бодайбинского района и месторождения Сухой Лог, по [Лишнеvский, Дистлер, 2004] с некоторыми изменениями.**

1 — месторождение Сухой Лог; 2 — Угаханский гранитный батолит; 3 — интрузивные тела базитов-гипербазитов (пространственное положение показано условно); 4 — складчатый терригенно-карбонатный комплекс выполнения Бодайбинского синклиория; 5, 6 — раннерифейский рифтогенный комплекс: 5 — базальты и андезитбазальты, 6 — метатерригенные породы с большим содержанием гематита и магнетита; 7 — раннепротерозойские метатерригенные породы; 8 — архейский гранулит-базитовый комплекс; 9 — выступ активизированной мантии ( $M_A$ ); 10 — «нормальная» мантия (M); 11 — предполагаемый глубинный разлом — рудоподводящий канал. I—III — выделенные слои земной коры: I — средневерхнерифей-вендские терригенно-карбонатные комплексы, II — нижнерифейский рифтогенный комплекс, III — архей-протерозойский гранулит-базитовый слой.

тве производного горячей точки мантии [Ярмолюк и др., 1997; Кузьмин и др., 2006]. Для района типична пониженная (35—37 км) мощность коры и существование крупного (амплитудой 7—10 км) мантийного выступа (рис. 4), обладающего относительно высокой флюидонасыщенностью [Лишнеvский, Дистлер, 2004]. Почти все исследователи района пришли к выводу о длительном многоэтапном концентрировании Au и Pt в его пределах. Выделяют синседиментационный (гидротермально-осадочный), синскладчатый, синметаморфический (метаморфогенно-гидротермальный), сингранитный (магматогенно-гидротермальный) этапы рудогенеза [Кузьмин и др., 2006; Иванов, 2008]. Наиболее существенный этап формирования месторождений связан с внедрением позднепалеозойских гранитоидов. В надинтрузивных зонах последних (на пересечениях субширотных зон расланцевания с субмеридиональными рудоконтролирующими разломами) размещены платино- и золотоносные минерализованные зоны [Дистлер и др., 1996; Иванов, 2008].

Для жильного, прожилково-вкрапленного оруденения Бодайбинского района, содержащего элементы платиновой группы, характерно наличие ореолов метасоматических преобразований пород (мусковитизация, серицитизация, железомagneзиальная карбонатизация, окварцевание и сульфидизация), фиксируемых в виде локальных аномалий в геофизических и геохимических полях [Иванов, 2008].

Таким образом, можно констатировать, что генезис руд платиноидно-золотых месторождений Бодайбинского района связан с многократными преобразованиями геохимически специализированных углеродсодержащих осадочных пород и предполагает возможность миграции металлов под влиянием мобилизационных процессов. Последние в значительной мере были связаны с гранитоидным магматизмом, активно проявившимся в палеозое под влиянием горячей точки мантии и обусловившим вероятность вовлечения в рудогенез пород нижнерифейского рифтогенного мафического комплекса, представленного покровами базальтов и телами гипербазитов (см. рис. 4).

Другим примером платиноидно-золотых проявлений черносланцевой формации является Лесозаводский рудный район (Приморье), известный в первую очередь повышенной графитонасностью пород (см. рис. 1). Здесь в месторождениях графита тамгино-тургеневской группы выявлены повышенные концентрации ( $10^{-4}$ — $10^{-6}$  мас. %) Au и ЭПГ [Ханчук и др., 2004, 2007] флюидно-магматогенного генетического типа. Они связаны преимущественно с эндогенными графитовыми образованиями, но золото обнаружено также в скарнах и кварцевых жилах. А.И. Ханчук с соавторами, объясняя трудности с обнаружением самостоятельных минеральных фаз платиноидов, предполагают возможность существования кластерных форм нахождения ЭПГ в графите. По их мнению, «...отсутствие собственных мине-

ральных форм ЭПГ...» [Ханчук и др., 2007, с. 79] обусловлено «слабым развитием процессов окисления и сульфидизации и восстановительной средой в процессе углеродизации и газотранспортных реакций, осуществляющих эмиссию металлов из флюидно-магматического источника». Учитывая данные изотопных исследований углерода в графите из метаизверженных пород, они пришли к выводу об эндогенном его источнике вследствие мантийно-корового диапиризма. Такую графитизацию всех литологических разностей пород рудного района, совпадающую с проявлением регионального метаморфизма, они связали с коллизионными событиями на рубеже кембрия и ордовика.

Приморье в целом рассматривается некоторыми учеными как новый перспективный регион России с золотопалладий-платиновым оруденением нетрадиционного типа [Казаченко и др., 2008, 2009]. Поводом к такому выводу послужили детальные исследования триасовой углеродистой толщи Сихотэ-Алиня, представленной кремнистыми породами с пиррофанитом, фгнитами, итабиритами (золотоносными яшмами), другими разностями, распространенными в Ольгинском, Дальнереченском и Дальнегорском рудных районах. Толща характеризуется высокими содержаниями Au, Ag и платиноидов [Казаченко и др., 2008, 2009]. Металлоносным коричневым кремням (метаморфизованным радиоляри-там), итабиритам, другим преобразованным отложениям присуща обильная вкрапленность микро-частиц Ag и аргентита, дисперсных и субмикроскопических включений других минералов Ag, а также самородных Pd, Rh, Ru, Au, Os, Ir и Pt. Происхождение металлоносных отложений связывается с подводными гидротермальными источниками, в результате деятельности которых в морской бассейн выносились цветные и благородные металлы. Последние в ионном виде сорбировались из растворов глинистым и органическим материалом радиоляриевого осадка, а затем в восстановительных условиях диагенеза и метаморфизма переходили в самородное состояние.

Более поздние проявления благороднометалльной минерализации среди итабиритов и коричневых кремней, по мнению В.Т. Казаченко с соавторами, «...являются продуктами регенерации металлоносных отложений. Они образовались в результате гидротермальной деятельности, связанной со становлением гранитоидных массивов позднемелового возраста» [Казаченко и др., 2009, с. 77].

Высокие концентрации ( $n \cdot 10$ — $n \cdot 1000$  мг/т угля) благородных металлов (БМ) выявлены В.В. Серединым (ИГЕМ РАН) в конце прошлого — начале текущего века [Середин, Поваренных, 1995; Середин, 2004] во многих угленосных впадинах Юго-Западного Приморья (ЮЗП) и по их обрамлению, в том числе на Артемовском, Нижне- и Среднебикинском, Павловском, Раковском, Реттиховском, Тавричанском, Шкотовском и других кайнозойских бурогоугольных месторождениях. Совсем недавно самородные Ag, Au, Pd, Pt и другие элементы обнаружены в бурых углях кайнозойских депрессий Верхнего и Среднего Приамурья [Сорокин и др., 2009; Рождествова, Сорокин, 2010]. А.П. Сорокин и В.И. Рождествова приводят свидетельства аутигенного происхождения зерен БМ в углях Приамурья, а В.В. Середин говорит о наличии в угленосных впадинах эндогенной платиноидной минерализации [Середин, Поваренных, 1995; Середин, 2004, 2007]. По геолого-геоморфологическим данным и результатам дешифрирования космических снимков на юге Приморья выделена крупная эоцен-миоценовая концентрическая Уссурийская плюмовая структура (УПС) диаметром около 150 км [Середин, Томсон, 2008]. Ее корни расположены в подастеносферной мантии на глубине порядка 250 км. Наибольшую активность плюом проявил с середины миоцена в виде извержений андезибазальтовых лав (14—13 млн лет), низкокальциевых толеитовых базальтов, андезитов, мегаплагиопорфировых базальтов, оливиновых толеитов (12—8 млн лет), внедрения даек, формирования экструзивов оливиновых толеитов и базанитов (8—3 млн лет) [Рассказов и др., 2003]. Зафиксированные на площади УПС производные тектономагматических процессов представлены также полихронными проявлениями гидротермальной минерализации: рассеянной вкрапленностью сульфидов, прожилково-вкрапленными штокверками, кварцевыми и карбонатными жилами, содержащими Ge, U, РЗЭ, Li (Be), Au-Ag и Au-ЭПГ [Середин, Томсон, 2008].

Выявленные в Юго-Западном Приморье малосульфидные гидротермальные Au-ЭПГ проявления В.В. Середин сопоставляет (в генетическом отношении) с известными в мире объектами такого же типа: Серра — Пелада (Бразилия), Коронейшн — Хилл (Австралия), Любин — Серошовице (Польша).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Изложенные выше материалы по платиноносности разнотипных геологических образований юго-востока России полезно обсудить под ракурсами современных наработок по идентификации возможных источников ЭПГ, возрастному диапазону формирования соответствующей минерализации, влиянию более поздних (наложенных) процессов на концентрирование МПГ и геодинамическую обусловленность закономерностей размещения оруденения. Приводимые в отечественной геологической литературе результаты исследований разновозрастных потенциально платиноносных мафит-ультрамафитовых массивов свидетельствуют о практически повсеместной детерминированности их формирования плюмовым магматизмом нескольких поколений: от неорхей до позднего мезозоя и кайнозоя. Име-

ются доказательства влияния мантийных плюмов и на возникновение магматических очагов, в которых деятельное участие принимали ультраосновные (пикритовые) водосодержащие расплавы, предопределившие формирование щелочных базит-гипербазитовых плутонов [Симонов и др., 2011]. К мантийным производным причисляют и офиолитовые потенциально платиноносные ассоциации. Сложнее обстановка с определением источников ЭПГ метаморфизованных графитоносных толщ. Тем не менее по результатам изотопии С из гранитосодержащих метазверженных пород А.И. Ханчук с соавторами [2007] обосновали эндогенное происхождение углерода вследствие мантийно-корового диапиризма под влиянием газотранспортных реакций, обеспечивших и эмиссию благородных металлов из флюидно-магматических источников.

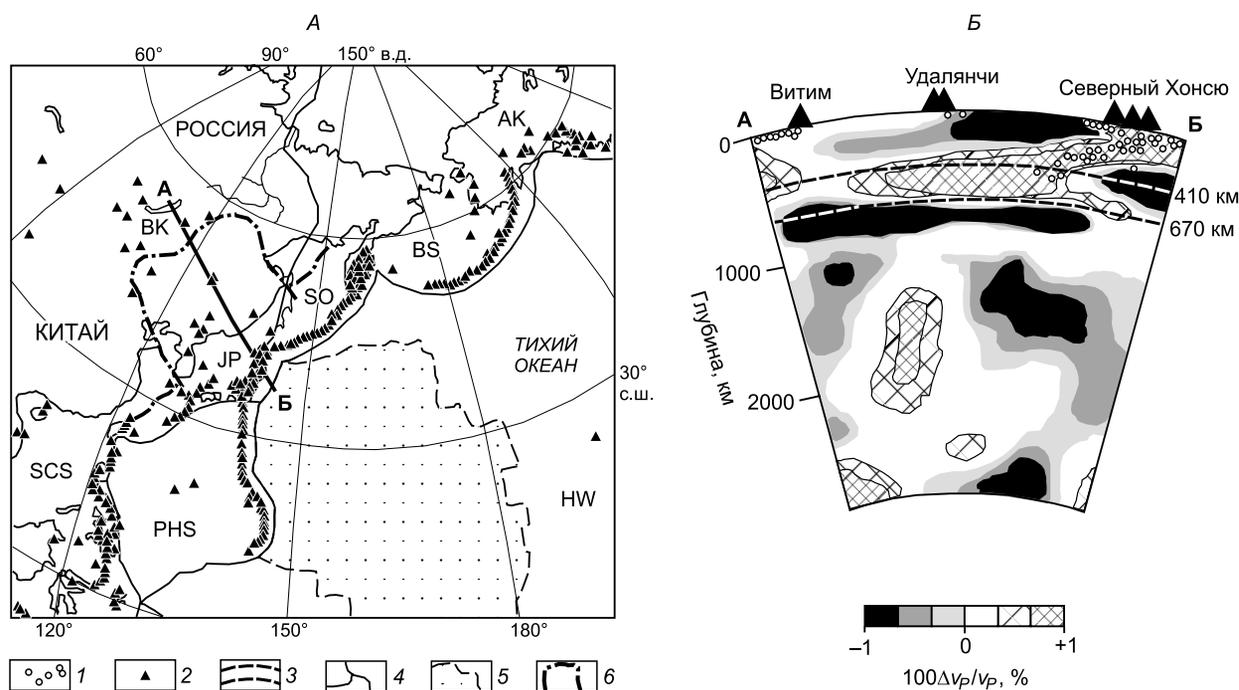
В случае углеродсодержащих осадочных пород Бодайбинского рудного района, обладающих аномальными фоновыми концентрациями редких, цветных, благородных металлов, предполагается возможность миграции и концентрирования последних под влиянием магматических производных горячей точки мантии [Кузьмин и др., 2006]. Присутствие Au-ЭПГ минерализации в кайнозойских угленосных отложениях Западного Приморья связывается с гидротермально-флюидной деятельностью, предопределенной кайнозойскими вспышками внутриплитной вулканической активности [Середин, Томсон, 2008].

Изложенные выше материалы свидетельствуют, что в ЮВР наиболее продуктивными в отношении платиноидной минерализации являются зональные щелочно-ультраосновные массивы.

К настоящему времени в основном изучены физико-химические условия образования таких гетерогенных (кольцевых) массивов, эволюционная направленность развития и геохронология становления в них разных магматических ассоциаций, исследованы типоморфные особенности акцессорных и рудных минералов из россыпей и коренных проявлений благородных металлов, определены вероятные источники рудообразующих веществ, возможные уровни размещения протемагматических очагов и многие другие характеристики рассматриваемых платиноносных рудно-магматических систем. Вместе с тем еще одна важная научная проблема — определение геологических и геодинамических закономерностей размещения зональных мафит-ультрамафитовых плутонов — решена не полностью. Обзор публикаций по этому вопросу показал значительное разнообразие мнений: от приоритета унаследованности формирования плутонов (под влиянием процессов автономной активизации локальных архей-протерозойских купольных и куполообразных сооружений) и приуроченности к пересечениям разноориентированных глубинных разломов до размещения в протяженных надсубдукционных тектонических, магматических и металлогенических поясах или в связи с локальными внутриплитными плюмами верхне- или нижнемантийного заложения. Поэтому выявление факторов, предопределивших размещение рудоносных (Сг-ЭПГ) плутонов, по мнению авторов, остается приоритетным направлением специализированных металлогенических исследований.

Из петролого-геохимических и геологических данных, характеризующих очаговый магматизм ЮВР, известно, что на его площади кроме крупных кольцевых плутонов обнаружено значительное число трубок взрыва, даек, малых тел гипербазитов, содержащих хромит, хромдиопсид, повышенные содержания Сг, сосредоточенных на Центральном-Алданском и Омнинско-Батомском поднятиях Алданской гранулит-гнейсовой области [Ельянов, Андреев, 1991; Гурович и др., 1994].

Существование неявных признаков зонального размещения позднемезозойских внутриплитных магматитов на обоих поднятиях позволяет предполагать, что возникновение поднятий и размещение на их площади платинометалльных массивов обусловлено влиянием однотипных процессов и возможной их принадлежностью единой структуре. Анализ известных геодинамических моделей формирования региона и опубликованных материалов сейсмической томографии [Зоненшайн, Кузьмин, 1993; Парфенов и др., 2003; Зорин и др., 2006; Жао Дапенг и др., 2010; Li Chang, van der Hilst, 2010] показал, что с позднего мезозоя в Азиатско-Тихоокеанской мегазоне конвергенции развивались процессы субдукции Тихоокеанской мегаплиты (ТМП) под перекрывающий ее Евразийский континент, в котором к этому времени существовали Северо-Азиатский и Сино-Корейский кратоны и заключенная между ними Амурская литосферная плита. Под них субдуцировали плиты Кула, Изанаги и Японское звено ТМП [Геодинамика..., 2006]. Эти плиты, полого погружаясь в мантию, в транзитной (переходной) зоне последней (на глубинах 410—670 км) превратились в стагнированный по глубине слэб, сохранивший связь с современной зоной субдукции (рис. 5). Современная фронтальная (западная) граница стагнированного слэба (названного нами Приморским) проецируется на левобережье р. Алдан (от почти 59° с. ш.), долину р. Олекма до ее верховий, Северное, Восточное Забайкалье, Восточную Монголию и Северный Китай (рис. 6). Другие — СВС и ЮЮЗ — ограничения слэба совпадают, по-видимому, с палеотрансформными разломами субширотной и северо-западной ориентировки, имеющими продолжение и под континентом. Выше слэба находится низкоскоростная аномалия, названная Л.П. Зоненшайном и М. И. Кузьминым [1993] горячим полем мантии, Д. Жао с коллегами [2010] крупным мантийным клином (КМК), а В.В. Ярмолюком с соавторами [Ярмолюк и др., 2000] Северо-Азиатским суперплюмом. При-



**Рис. 5. Фрагмент Азиатско-Тихоокеанской мегазоны конвергенции (А), разрез мантии вдоль профиля АБ и шкала скоростей распространения продольных сейсмических волн (Б), по [Зорин и др., 2006; Жао Дапенг и др., 2010] с некоторыми изменениями и дополнениями.**

1 — гипоцентры землетрясений (в зоне  $\pm 100$  км от профиля); 2 — активные вулканы; 3 — интервал скачкообразного изменения сейсмических свойств на глубинах 410 и 670 км (транзитная зона); 4 — границы плит; 5 — древняя часть океанической плиты; 6 — контуры стагнированного океанического слэба на глубине 550 км. Латинскими буквами обозначены: АК — Аляска, ВК — оз. Байкал, BS — Берингово, JP — Японское, PHS — Филиппинское, SCS — Южно-Китайское, SO — Охотское моря; HW — Гавайские острова.

мечательно, что и непосредственно под слэбом в нижней мантии также фиксируется низкоскоростная аномалия.

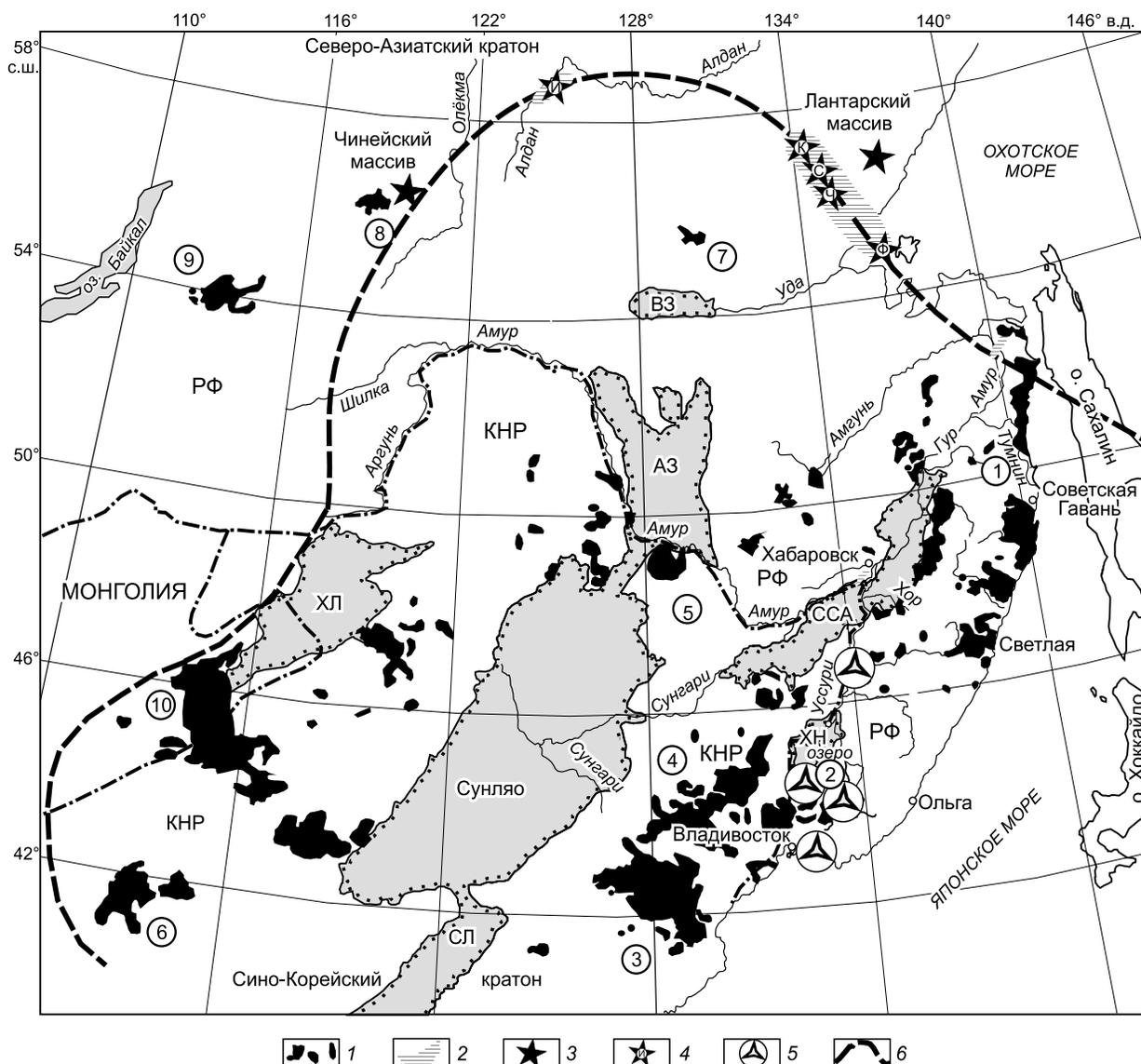
Проекция палеотрансформного разлома, ограничивающего с СВС стагнированный по глубине Приморский слэб, совмещается с Кондер-Феклистовским металлогеническим поясом и его Алданским (Инаглинским) звеном (см. рис. 6).

В современных моделях горячего поля мантии и КМК предполагается, что глубинная дегидратация океанского слэба в переходной зоне мантии могла приводить к апвеллингу горячего астеносферного материала. Апвеллинг вызывал деформации литосферы (по ранее заложенным тектоническим зонам), реактивацию краевых частей континента (в том числе кратонов), образование осадочных бассейнов (типа Сунляо, Санцзян-Среднеамурского и др.), развитие магматизма, рудообразующих процессов и формирование месторождений полезных ископаемых.

Весьма важно подчеркнуть, что, согласно модели КМК [Жао Дапенг и др., 2010], у СВ и ЮЗ ограничений слэба (соответствующих, вероятно, палеотрансформным разломам) могли существовать возвратные потоки, в которых горячий мантийный материал из нижней мантии (!) достигал верхней, и они совместно вовлекались в последующие преобразования.

В свете изложенного, предполагавшееся ранее [Гурович и др., 1994] воздействие восходящих мантийных плюмов на разрушение окраины Северо-Азиатского кратона и формирование кольцевых интрузий находит определенное подтверждение в материалах интерпретации данных сейсмической томографии, дополненных представлениями об участии нижнемантийного вещества в развитии зональных платиноносных плутонов Инагли-Кондер-Феклистовского металлогенического пояса [Хомич, Борискина, 2012].

Относительно влияния наложенных магматических и постмагматических процессов на концентрирование ЭПГ и золота имеются геологические, петрологические, геохимические, минералогические и экспериментальные данные, фиксирующие рудообразующую роль подобных процессов на отдельных объектах. Приведенные в статье материалы свидетельствуют, что она установлена и на офиолитовых, и



**Рис. 6. Схема размещения внутриплитных лавовых полей базальтов, платиноносных расслоенных и зональных плутонов на территории юго-востока России, по [Ярмолюк и др., 2011; Хомич, Борискина, 2012] с изменениями и дополнениями.**

1 — лавовые поля позднекайнозойских базальтов, вулканические районы обозначены цифрами в кружках: 1 — Совгаванский, 2 — Шкотовско-Шуфанский, 3 — Чанбайшанский, 4 — Цинбоху-Муданьцзянский, 5 — Удалянчи, 6 — Ханнуоба, 7 — Токинского Становика, 8 — Удоканский, 9 — Витимский, 10 — Дариганга; 2 — позднемезозойский Инагли-Кондер-Феклистовский металлогенический (Cr-ЭПГ) пояс; 3, 4 — платиноносные мафит-ультрамафитовые плутоны: 3 — расслоенные (Чинейский), 4 — зональные (И — Инаглинский, К — Кондерский, С — Сыбахский, Ф — Феклистовский, Ч — Чадский); 5 — проявления платиноносности в кайнозойских угленосных впадинах и по их обрамлению (см. рис. 1); 6 — контуры стагнированного океанического слэба (см. рис. 5). Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

расслоенных, и зональных (кольцевых) базит-гипербазитовых массивах. К тому же специальными экспериментальными исследованиями контактово-реакционного взаимодействия габбро и гранитоидов с гипербазитами доказана способность магматических флюидов к экстрагированию золота и платины [Горбачев и др., 1994; Плюснина, Лихойдов, 1997]. По мнению Л.П. Плюсониной и Г.Г. Лихойдова, механизм ремобилизации Pt объясняется ее высокой миграционной способностью, что предполагает вероятность участия подобных процессов в формировании соответствующего оруденения не только в зональных базит-гипербазитовых плутонах ЮВР, но и расслоенных массивах Бушвельда (ЮАР) и Стиллуотер (США) [Гурская, 2011].

Примеры влияния поздних (наложенных) магматических и постмагматических (гидротермально-метасоматических) процессов, обусловивших формирование крупных шлировых обособлений, линз, линзовидно-прожилковых зон хромшпинелидов среди гипербазитов в эндо- и экзоконтактах габброидных, щелочно-диоритовых, гранитоидных тел, позволяют усматривать рудообразующее влияние на сегрегирование акцессорной субмикроскопической (пылевидной) вкрапленности МПГ в гетерогенных щелочно-ультраосновных массивах ЮВР. Тем более, что синхронно с сегрегированием хромшпинелидов происходило их обогащение ЭПГ вплоть до появления значимых концентраций (на уровне первых грамм на тонну и более) в минерализованных зонах протяженностью в десятки и сотни метров. Возможно, в расслоенном раннепротерозойском Чинейском плутоне насыщение Pt-Pd минерализацией эндо- и экзоконтактовых частей также происходило под влиянием контактирующих с ним позднепермских монзонитоидных гранитоидов ингамакитского комплекса.

Общими для всех продуктивных в отношении ЭПГ рудно-россыпных узлов, полей и коренных месторождений региона являются признаки отчетливо проявленной мобилизации благородных металлов, их последовательно ступенчатого концентрирования, происходивших под влиянием поздних (PZ—MZ) тектономагматических, метасоматических и гидротермальных процессов, воздействовавших на более древние мафит-ультрамафитовые образования, терригенные и графитоносные толщи [Хомич, Борискина, 2011].

Таким образом, можно констатировать, что формирование на современной территории ЮВР мантийных и коровых производных разных поколений внутриплитных плюмов послужило причиной развития рудогенерирующих и рудообразующих процессов в ареале их влияния. Учитывать это обстоятельство необходимо не только при металлогенических исследованиях, но и геолого-поисковых работах. Допуская, что в местах воздействия коровых производных плюмов на их мантийные предшественники (расслоенные, зональные ультрабазит-базитовые массивы) и терригенные черносланцевые, графитизированные толщи могли возникать благоприятные условия для концентрирования ЭПГ, особого внимания заслуживают эндо- и экзоконтактовые зоны разновозрастных интрузивных массивов (толщ) даже при отсутствии вблизи них значимых россыпей МПГ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Платинометалльная минерализация юго-востока России, обладающая признаками полигенности и полихронности, выявлена в расслоенных мафит-ультрамафитовых массивах, зональных щелочно-ультраосновных плутонах, альпинотипных гипербазитах, а также кремниевых, терригенных черносланцевых, графитоносных, угленосных толщах. В стратифицированных толщах платиноиды концентрируются в органическом веществе, содержащем углерод эндогенного происхождения. Возрастной диапазон формирования платинометалльной минерализации охватывает период времени от неогархея до позднего кайнозоя. Пространственное размещение крупных проявлений ЭПГ характеризуется сосредоточением основной их части в южном обрамлении Сибирской платформы среди докембрийских образований Алдано-Станового щита, вблизи градиентных зон поля силы тяжести и в связи с производными верхне- и нижнемантийных плюмов. Значительная часть кайнозойских точек платиноидной минерализации ассоциирует с разновозрастными лавовыми полями внутриплитных базальтов, производными горячего поля верхней мантии.

Подтверждается вывод о том, что плюмовому магматизму свойственна зональность магматических «...ареалов с увеличением корово-мантийного взаимодействия к их периферии» [Добрецов и др., 2010, с. 1162]. На ССВ периферии Северо-Азиатского суперплюма производные такого взаимодействия представлены кольцевыми гетерогенными массивами: от Инаглинского на севере до Феклистовского на востоке. Не случаен и широкий спектр проявлений эндогенного оруденения вблизи них, включая платиноидное, молибден-медно-порфировое и золотое в ассоциации с разнотипными магматическими образованиями.

Формирование мантийных и коровых производных разных поколений внутриплитных плюмов, сопровождавшееся явлениями унаследованности и наложенности, было причиной развития рудогенерирующих, а затем и рудообразующих процессов. В местах воздействия коровых производных плюмов на их мантийные предшественники (расслоенные, зональные ультрабазит-базитовые массивы) и терригенные черносланцевые, графитизированные толщи возникали благоприятные условия для концентрирования ЭПГ. В этой связи особого внимания поисковиков заслуживают эндо- и экзоконтактовые зоны разновозрастных интрузивных массивов (и толщ) даже при отсутствии вблизи них значимых россыпей МПГ.

## ЛИТЕРАТУРА

**Авдонцев С.И., Малич К.Н.** О физико-химических условиях образования железотитановых окислов из пород Кондерского щелочно-ультрамафитового массива // Докл. АН СССР, 1987, т. 296, № 6, с. 1466—1468.

- Алакшин А.М., Карсаков Л.П.** Глубинное строение зоны Станового структурного шва // Тихоокеанская геология, 1985, т. 26, № 1, с. 70—80.
- Бучко И.В.** Этапы ультрамафит-мафитового и габбро-анортозитового магматизма юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. Владивосток, ДВГИ ДВО РАН, 2010, 47 с.
- Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Изох А.Э.** Геохимические особенности и геодинамическая обстановка формирования Лукиндинского дунит-троктолит-габбрового массива (юго-восточное обрамление Сибирской платформы) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (7), с. 834—850.
- Геодинамика**, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток, Дальнаука, 2006, кн. 1, 572 с.; кн. 2, 409 с.
- Гонгальский Б.И.** Протерозойская металлогения Удокан-Чинейского рудного района (Северное Забайкалье): Автореф. дис. ... д.г.-м.н. М., ИГЕМ РАН, 2012, 43 с.
- Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А.** Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск, Наука, 1993, 184 с.
- Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А.** Минералогия и геохимия платиновых металлов Чинейского массива (Северное Забайкалье) // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке (минералогия, генезис, технология, аналитика). Т. IV. М., ЗАО «Геоинформмарк», 1999, с. 30—40.
- Горбачев Н.С., Налдретт А., Бругманн Г., Ходоревская Л.И., Азиф М.** Экспериментальное изучение распределения платиноидов и золота между водно-хлоридным флюидом и базальтовым расплавом // ДАН, 1994, т. 335, № 3, с. 356—358.
- Гурович В.Г., Землянухин В.Н., Емельяненко Е.П., Каретников А.С., Квасов А.И., Лазаренков В.Г., Малич К.Н., Мочалов А.Г., Приходько В.С., Степашко А.А.** Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. М., Наука, 1994, 176 с.
- Гурская Л.И.** Перспективные направления исследования платиновых металлов: флюидный режим и рудогенез // Платина России. Т. VII. Красноярск, ИПК «Платина», 2011, с. 98—105.
- Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К., Коваленкер В.А., Мохов А.В., Семейкина Л.К., Юдовская М.А.** Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия) // Геология рудных месторождений, 1996, т. 38, № 6, с. 467—484.
- Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Изох А.Э., Жмодик С.М.** Термохимическая модель пермотриасовых мантийных плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородно- и редкометалльных месторождений // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с. 1159—1187.
- Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А.** Платинометалльные месторождения России. СПб., Наука, 2000, 755 с.
- Ельянов А.А., Андреев Г.В.** Магматизм и металлогения платформенных областей многоэтапной активизации. Новосибирск, Наука, 1991, 168 с.
- Жао Дапенг, Пирайно Франко, Лиу Люси.** Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с. 1188—1203.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И.** Палеогеодинамика. М., Наука, 1993, 192 с.
- Зорин Ю.А., Туруганов Е.Х., Кожевников В.М., Рассказов С.В., Иванов А.В.** О природе кайнозойских верхнемантийных плюмов в Восточной Сибири (Россия) и Центральной Монголии // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (10), с. 1060—1074.
- Зотов И.А.** Трансмагматические флюиды — главный агент образования гигантских эндогенных месторождений платиноидов // Платина России. Т. VII. Красноярск, ИПК «Платина». 2011, с. 74—87.
- Иванов А.И.** Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района // Руды и металлы, 2008, № 3, с. 43—61.
- Иванов В.В., Зимин С.С., Моисеенко В.Г., Сафронов П.П., Кирасирова В.И., Молчанова Г.Б., Кичанов В.Д.** Самородные металлы из платиноидно-золотых россыпей Селемджино-Зейского пояса офиолитов (Верхнее Приамурье) // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке (минералогия, генезис, технология, аналитика). Т. IV. М., ЗАО «Геоинформмарк», 1999, с. 60—67.
- Казаченко В.Т., Мирошниченко Н.В., Перевозникова Е.В., Карабцов А.А.** Минеральные формы благородных металлов в металлоносных отложениях триасово-юрской углеродистой толщи Сихотэ-Алиня // ДАН, 2008, т. 421, № 3, с. 383—386.
- Казаченко В.Т., Мирошниченко Н.В., Перевозникова Е.В., Карабцов А.А.** Приморье — новый перспективный регион России с золото-палладий-платиновым оруденением нетрадиционного типа // ДАН, 2009, т. 425, № 5, с. 651—655.

**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.

**Карта закономерностей размещения и прогноза месторождений цветных и редких металлов Читинской области. М-б 1:1 000 000 / И.Г. Рутштейн, Т.Ф. Абдукаримова, И.В. Душевин, О.П. Алексанкина, М.М. Чут.** Чита, Читагеолсъемка, 2005, 1 л.

**Конников Э.Г., Неручев С.С., Прасолов Э.М., Кислов Е.В., Орсов Д.А.** Флюидный режим формирования малосульфидной благороднометалльной минерализации Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке (минералогия, генезис, технология, аналитика). Т. IV. М., ЗАО «Геоинформмарк», 1999, с. 169—175.

**Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В., Спиридонов А.И., Немеров В.К., Иванов А.И., Митрофанов Г.Л.** Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неоперотерозойского прогиба // ДАН, 2006, т. 407, № 6, с. 793—797.

**Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Глебовицкий В.А., Суханов М.К., Яковлева С.З., Ковач В.П., Бережная Н.Г., Великославинский С.Д., Толкачев М.Д.** Каларский комплекс (Алдано-Становой щит) — древнейший представитель анортозит-мангерит-чарнокит-гранитной магматической ассоциации: результаты геохронологических, геохимических и изотопно-геохимических исследований // Петрология, 2006, т. 14, № 1, с. 4—24.

**Лишневицкий Э.Н., Дистлер В.В.** Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений, 2004, т. 46, № 1, с. 88—104.

**Мельников А.В., Степанов В.А., Мельников В.Д.** Платина Амурской области. Благовещенск, АмГУ, 2006, 136 с.

**Октябрьский Р.А., Соляник А.Н., Ленников А.М., Гвоздев В.И., Иванов В.В., Вржосек А.А., Ситников Н.В., Приходько В.С.** Благороднометалльная и оксидная минерализации в массивных сульфидных рудах Джугджурского анортозитового массива // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Владивосток, Дальнаука, 2008, с. 391—413.

**Орсов Д.А., Рудашевский Н.С., Крецер Ю.Л., Конников Э.Г.** Закономерности размещения и особенности состава платиноносных горизонтов Йоко-Довыренского расслоенного массива (Северное Прибайкалье) // ДАН, 1995, т. 340, № 3, с. 225—228.

**Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бодарч Г., Беличенко В.Г., Буматов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У.Дж., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х.** Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22, № 6, с. 7—41.

**Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г.** Контактново-реакционное взаимодействие гранитоидов и габбро с гипербазитами и его влияние на подвижность золота и платины // Тихоокеанская геология, 1997, т. 16, № 4, с. 95—101.

**Рассказов С.В., Саранина Е.В., Мартынов Ю.А., Чащин А.А., Максимов С.О., Брандт И.С., Брандт С.Б., Масловская М.Н., Коваленко С.В.** Развитие позднекайнозойского вулканизма активной континентальной окраины Южного Приморья // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22, № 1, с. 92—109.

**Рождествина В.И., Сорокин А.П.** Первые находки самородных палладия, платины, золота и серебра в бурых углях Ерковецкого месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология, 2010, т. 29, № 6, с. 26—38.

**Розен О.М.** Стабилизация и начало распада архейских кратонов: формирование осадочных бассейнов, мафитовый магматизм, металлогеническая продуктивность // Геотектоника, 2011, № 1, с. 3—27.

**Сальникова Е.Б., Ларин А.М., Котов А.Б., Глебовицкий В.А., Суханов М.К., Яковлева С.З., Ковач В.П., Бережная Н.Г., Толкачев М.Д.** Каларский анортозит-чарнокитовый комплекс (Алдано-Становой щит): возраст и тектоническое положение // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2004, т. 12, № 3, с. 3—11.

**Середин В.В.** Au-PGE-минерализация на территории Павловского бурогоугольного месторождения, Приморье // Геология рудных месторождений, 2004, т. 46, № 1, с. 43—73.

**Середин В.В.** Распределение и условия формирования благороднометалльного оруденения в угленосных впадинах // Геология рудных месторождений, 2007, т. 49, № 1, с. 3—36.

**Середин В.В., Поваренных М.Ю.** Первая находка минералов платины в углях // ДАН, 1995, т. 342, № 6, с. 801—803.

**Середин В.В., Томсон И.Н.** Кайнозойская рифтогенная металлогения Приморья // Тихоокеанский рудный пояс: материалы новых исследований. Владивосток, Дальнаука, 2008, с. 192—209.

**Симонов В.А., Приходько В.С., Ковязин С.В.** Условия формирования платиноносных ультраосновных массивов юго-востока Сибирской платформы // Петрология, 2011, т. 19, № 6, с. 579—598.

**Соляник А.Н., Октябрьский Р.А., Ленников А.М., Потоцкий Ю.П., Зарубин Б.А., Сапин В.И.** Благороднометалльная минерализация массивных пирротиновых линз в джугджурских анортозитах // Тихоокеанская геология, 1999, т. 18, № 4, с. 79—84.

**Сорокин А.П., Кузьминых В.М., Рождествина В.И.** Золото в бурых углях: условия локализации, формы нахождения, методы извлечения // ДАН, 2009, т. 424, № 2, с. 239—243.

**Тектоника**, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / Под ред. Г.А. Шаткова, А.С. Вольского. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 190 с.

**Толстых Н.Д., Орсов Д.А., Кривенко А.П., Изох А.Э.** Благороднометалльная минерализация в расслоенных ультрабазит-базитовых массивах юга Сибирской платформы. Новосибирск, Параллель, 2008, 194 с.

**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 // ДАН, 2004, т. 397, № 4, с. 524—529.

**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.

**Хомич В.Г., Борискина Н.Г.** Северо-Азиатский суперплюм и платиноносность юго-востока России // ДАН, 2011, т. 436, № 3, с. 356—359.

**Хомич В.Г., Борискина Н.Г.** Позиция зональных щелочно-ультраосновных массивов юго-востока России в ракурсе данных сейсмотомографии // ДАН, 2012, т. 446, № 2, с. 191—196.

**Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Котов А.Б., Сальникова Е.Б.** Ангаро-Витимский батолит: к проблеме геодинамики батолитообразования в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геотектоника, 1997, № 5, с. 18—42.

**Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И.** Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника, 2000, № 5, с. 3—29.

**Ярмолюк В.В., Кудряшов Е.А., Козловский А.М., Саватенков В.М.** Позднекайнозойская вулканическая провинция Центральной и Восточной Азии // Петрология, 2011, т. 19, № 4, с. 341—362.

**Abbott D.H., Isley A.E.** The intensity, occurrence, and duration of superplume events and eras over geological time // J. Geodynam., 2002, v. 34, № 2, p. 265—307.

**Li Chang, van der Hilst R.D.** Structure of the upper mantle and transition zone beneath Southeast Asia from traveltome tomography // J. Geophys. Res., 2010, v. 115, B07308, doi: 10.1029/2009JB006882.

*Рекомендована к печати 10 апреля 2013 г.  
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию  
13 декабря 2012 г.*