

ПРОБЛЕМА МЕТАЛЛОГЕНИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ

УДК 552.3

ПЛАТИНОНОСНЫЕ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫЕ ФОРМАЦИИ
ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Г.В. Поляков, А.Э. Изох, А.П. Кривенко

Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Рассматриваются платиноносные ультрамафит-мафитовые магматические формации различных типов структур подвижных поясов южного складчатого обрамления Сибирского и Южно-Китайского кратонов в широком временном диапазоне — от докембрия до мезозоя. Анализируются особенности платинометалльной минерализации, связанной с разнотипными комплексами, сформировавшимися в различных геодинамических обстановках: ультраосновными и основными интрузиями докембрийских зеленокаменных поясов, расслоенными ультрамафит-мафитовыми массивами краевых приплатформенных рифтогенных структур, альпинотипными гипербазитами рифейско-раннепалеозойских офиолитовых поясов, вулканоплутоническими комплексами палеозойских коллизионных орогенов, пикрит-долеритовыми и щелочнобазитовыми вулканоплутоническими ассоциациями герцинских и пермотриасовых систем.

Магматизм, геодинамика, подвижные пояса, платиноносные ультрамафит-мафитовые комплексы.

PLATINIFEROUS ULTRAMAFIC-MAFIC FORMATIONS OF MOBILE BELTS
OF CENTRAL AND SOUTHEASTERN ASIA

G.V. Polyakov, A.E. Izokh, and A.P. Krivenko

Platiniferous ultramafic-mafic magmatic formations of different types of mobile belt structures from the folded framing of the Siberian and South Chinese cratons are considered in a wide interval of time, from Precambrian to Mesozoic. Attention is given to PGE mineralization linked to diverse complexes formed under different geodynamic settings: ultrabasic and basic intrusions of Precambrian greenstone belts, layered ultramafic-mafic massifs of marginal near-platform rift-related structures, alpine-type hyperbasites of Riphean-Early Paleozoic ophiolite belts, volcanoplutonic complexes of Paleozoic collision orogens, and picrite-dolerite and alkali-basite volcanoplutonic associations of Hercynian and Permo-Triassic systems.

Magmatism, geodynamics, mobile belt, platiniferous ultramafic-mafic complexes

ВВЕДЕНИЕ

В научном творчестве академика Валерия Алексеевича Кузнецова, выдающегося исследователя рудных месторождений, геологии и металлогении Сибири, гармонично сочетались крупномасштабные геологические исследования и основанные на них металлогенические построения с фундаментальными разработками в области учения о рудных формациях и проблемах рудообразования. Такой подход успешно воспринят его учениками и последователями при дальнейшем совершенствовании рудно-формационного анализа и геолого-генетическом моделировании различных типов рудных месторождений, изучении условий зарождения и развития рудно-магматических систем. Особенно отчетливо это прослеживается в металлогенических обобщениях последних двух десятилетий, базирующихся на современных геодинамических представлениях.

В настоящей статье анализируются на такой основе накопившиеся в последнее время новые данные по платинометалльному оруденению, связанному с различными типами ультрамафит-мафитовых формаций разновозрастных подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии. На рис. 1 показаны наиболее значимые проявления разнотипных платинометалльных месторождений в складчатом обрамлении Сибирской платформы, охватывающем обширную территорию Южной Сибири, Казахстана, Монголии и Северного Китая. В Юго-Восточной Азии (рис. 2) это в основном пермотриасовые подвижные пояса Южнокитайско-Северовьетнамской складчатой системы южного обрамления Китайского кратона,

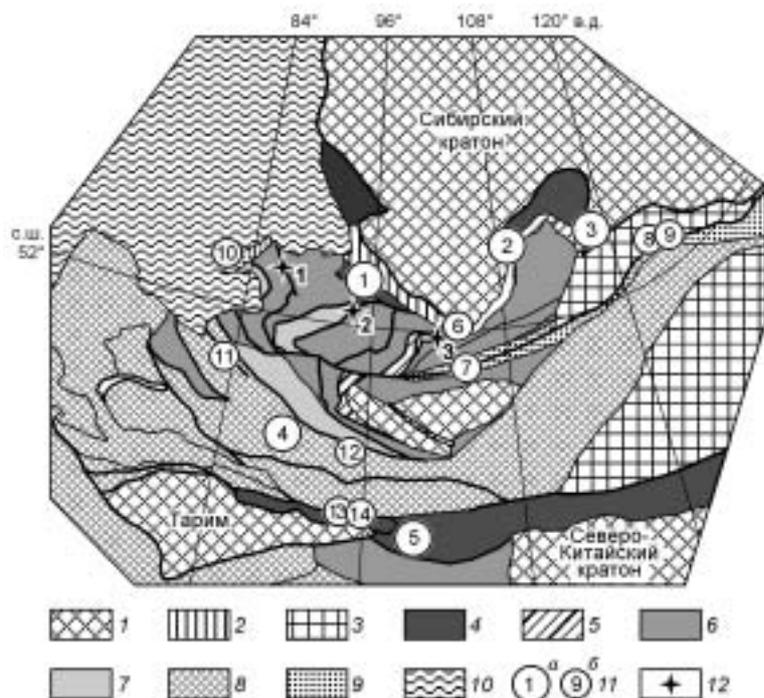


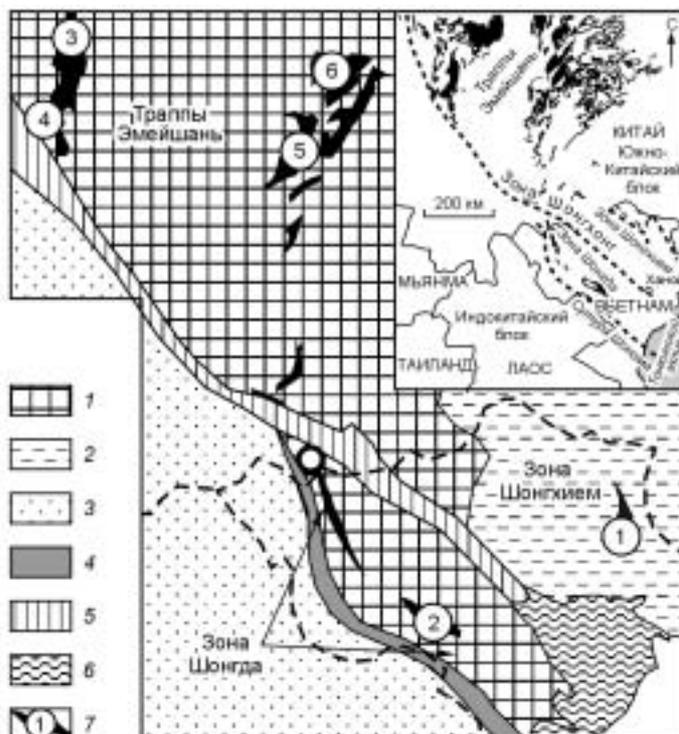
Рис. 1. Схема размещения платино-металльных месторождений Центрально-Азиатского складчатого пояса (южное обрамление Сибирского кратона).

1 — континенты и микроконтиненты; 2 — выходы фундамента Сибирской платформы; 3 — ремобилизованные докембрийские блоки; 4—9 — складчатые области: 4 — рифейские, 5 — рифей-вендские, 6 — раннекаледонские, 7 — позднекаледонские, 8 — герцинские, 9 — пермотриасовые; 10 — отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 11, 12 — платинометалльные месторождения и рудопроявления: 11 — Cu-Ni-ЭПГ (а — месторождения, б — рудопроявления): 1 — Кингашское; 2 — Йоко-Довыренское, 3 — Чинейское, 4 — Колотонг, 5 — Джунчуань, 6 — Малозадойское, 7 — Номгон, 8 — Лукинда, 9 — Веселкинский, 10 — Седова Заимка, 11 — Максутское, 12 — Джавхлант, 13 — Хуаншань, 14 — Хуаншаньдонг и Хулу; 12 — Cr-Pt-Pd оруденение в гипербазитах офиолитовых комплексов: 1 — Среднетерсинское, 2 — Калнинское, 3 — Оспинско-Китойское.

включающие многочисленные платинометалльные месторождения и рудопроявления, сопряженные с ультрамафит-мафитовыми комплексами. На той и другой схемах (см. рис. 1, 2) отчетливо видно, что наряду с ранее известными и относительно лучше изученными платформенными платинометалльными месторождениями, ассоциирующими с траппами Сибирской платформы и провинции Эмейшань Китайского кратона, в складчатом их обрамлении также выявлено в последнее время большое число разнообразных платинометалльных рудопроявлений, а в ряде случаев и промышленных месторождений, связанных с ультрабазит-базитовым магматизмом подвижных поясов, различных по возрасту и геодинамическому типу. Обобщение и систематизация этих данных позволили нам выделить во всем многообразии платиноносных комплексов складчатых областей рассматриваемой территории пять основных типов, краткая характеристика которых приводится в таблице и последующих разделах статьи.

Рис. 2. Схема размещения пермотриасовых ЭПГ-Cu-Ni и ЭПГ-Fe-Ti-V месторождений и рудопроявлений Северного Вьетнама и Южного Китая.

1 — платформа Янцзы и протерозойско-палеозойские структуры Северо-Западного Вьетнама. Складчатая система: 2 — Вьетнам-Южнокитайская, 3 — Лаосско-Вьетнамская и Юннань-Тибетская; 4 — сутурная зона Шонгма с позднепалеозойскими офиолитовыми и островодужными комплексами; 5 — олигоцен-миоценовая крупноплатидная сдвиговая зона Шонгхонг; 6 — четвертичные отложения; 7 — места проявления пикрит-долеритовых комплексов и коагматичных им платиноносных дифференцированных ультрамафит-мафитовых интрузивов: 1 — Банфук (коматиты зоны Шонгда), 2 — Суойкун (пикрит-долеритовый комплекс Каобанг), 3 — Лимахэ, 4 — дифференцированный силл Джанг Бао Шань (Jing-Bao-Shan); 5, 6 — высокотитанистые комплексы (Ti-V-Fe-ЭПГ): 5 — Панчихуа, 6 — Байма (Baima). На врезке — поля развития траппов Эмейшань.



ПЛАТИНОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДРЕВНИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

К этой группе относятся платиноносные ультрамафит-мафитовые комплексы и сопровождающие их сульфидные платинометалльно-медно-никелевые месторождения и рудопроявления докембрийских зеленокаменных поясов, образующихся в высокоомобильных и глубокопроницаемых приплатформенных зонах. Наиболее хорошо изученным примером провинций этого типа является область докембрийских структур южного обрамления Сибирской платформы, в пределах которой выделяются докембрийские зеленокаменные пояса, насыщенные продуктами ультраосновного и основного магматизма с многочисленными платинометалльно-медно-никелевыми рудопроявлениями [Ножкин и др., 1995; Корнев и др., 2004]. Здесь обособляются три различных по возрасту и составу вмещающих комплексов докембрийских блока: Канский, Бирюсинский и Шарыжалгайский со своими ареалами платинометалльно-медно-никелевых рудопроявлений (рис. 3).

В Канском блоке, отвечающем по типу слагающих комплексов зеленокаменным поясам, выявлено относительно крупное и по многим параметрам весьма перспективное Кингашское сульфидное МПГ-Cu-Ni месторождение. Рудовмещающим для него является преимущественно ультрамафитовый массив, который относится О.М. Глазуновым и др. [2003] к особому, железистому типу гипербазитов. Аналогичные рудопроявления имеются в расположенном юго-восточнее Кунгусском ареале того же пояса. Они также сопряжены с ультрамафит-мафитовыми интрузиями, которые вместе с вмещающими их высокомагнезиальными вулканитами относятся рядом исследователей [Цыпуков и др., 1993; Корнев и др., 2003, 2004] к коматиит-базальтовым сериям. Наиболее крупным по масштабам, типичным и хорошо изученным является Кингашское месторождение. Основные характеристики этого месторождения и вмещающего его массива приведены в таблице. Эти данные, включая наличие в нижней части разреза массива достаточно мощного платиноносного горизонта, свидетельствуют о его принадлежности к крупным МПГ-содержащим существенно никелевым месторождениям сульфидного типа. Согласно данным О.М. Глазунова [2003], о высокой продуктивности Кингашского массива свидетельствуют факты жидкостной несмешиваемости высокомагнезиального ультраосновного расплава, насыщенного мантийными флюидами.

Кингашский массив относится к габбро-пироксенит-перидотитовой формации и характеризуется дифференцированным внутренним строением, выражающимся в закономерной смене вверх по разрезу дунит-верлит-перидотитовых слоев габброидами. Наиболее высокие концентрации МПГ приурочены к нижней, существенно ультрамафитовой (дуниты, верлиты, серпентиниты), части массива. Здесь же находится относительно мощная рудная зона, суммарное содержание Pt и Pd в которой достигает 17 г/т, а Ni > 1 %. Распределение ЭПГ внутри этой зоны согласовано с магматической расслоенностью слагающих ее пород [Глазунов и др., 2003]. Среди минералов ЭПГ описываются котульскит, соболевскит, сперрилит, мончеит и другие Pt-Pd-содержащие разновидности. Аналогичную характеристику имеет платиноидная минерализация в месторождении Джунчуань в Северном Китае, которое также приурочено к протерозойским складчатым образованиям, обрамляющим Северо-Китайский и Таримский кратоны (см. рис. 1).

Кингашское месторождение сопоставляется с месторождениями печенгского типа. Их сближают приуроченность к приплатформенным докембрийским зеленокаменным поясам, связь с небольшими по размерам ультраосновными и основными интрузиями, сочетающимися с высокомагнезиальными вулканитами коматиит-базальтового ряда, а также существенно никелевый тип сульфидных руд и сходная по составу сопутствующая платиноидная минерализация. По геологическому положению, особенностям состава и внутреннего строения, характеру Cu-Ni и платиновой минерализации Кингашское месторождение может быть сопоставлено с Джунчуаньским. Оценки времени их формирования также близки. Для Кингашского месторождения получены оценки времени кристаллизации ультрамафитов

Рис. 3. Схема размещения ЭПГ-Cu-Ni месторождений и рудопроявлений Саянской провинции (составлена с использованием материалов О.М. Туркиной и др. [2006]).

1, 2 — архейские метаморфические комплексы Шарыжалгайского выступа: 1 — гранулит-гнейсовые, 2 — гранит-зеленокаменные; 3 — архей-протерозойские метаморфические комплексы Бирюсинской глыбы и Енисейского кряжа; 4–6 — метаморфические комплексы Канской глыбы: 4 — протерозойские, 5 — среднерифейские, 6 — позднерифейские; 7 — рифейские образования Дербинского антиклинория. Ареалы медно-никелевых рудопроявлений и месторождений: I — Канский: 1 — Кингаш, 2 — Кунгус; II — Бирюсинский: 3 — Барбитай и др.; III — Шарыжалгайский: 4 — Малозадойский, 5 — Черемшанский.



Основные характеристики платиноносных комплексов и платинометалльного оруденения различных типов ультрамафит-мафитовых формаций подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии

Тип платиноносных поясов и комплексов	Геодинамические условия проявления и возраст, основные примеры	Формационный тип рудоносных магматических комплексов и их характеристика	Тип платинометалльного оруденения, основные минералого-геохимические особенности	Примеры аналогичных поясов и сопряженных с ними платиноносных комплексов других районов мира
1. Платинометалльно-медно-никелевые месторождения, связанные с высокомагнезиальными ультрамафит-мафитовыми магматическими комплексами древних зеленокаменных поясов	<p>Линейные приразломные высоко-мобильные и глубокопроницаемые зоны обрамления древних платформ, выполненные архейско-протерозойскими метаморфическими и ультрамафит-мафитовыми магматическими комплексами.</p> <p>Протерозойский Канский зеленокаменный пояс Саянской провинции (южное обрамление Сибирской платформы), Кингашский ультрамафитовый массив</p>	<p>Габбро-пироксенит-перидотитовая формация, включая гипербазиты железистого типа (Кингашский массив), пикритовидные и коматиит-базальтовые комплексы. Изотопно-геохимические характеристики пород свидетельствуют о связи исходных расплавов с аномальной верхней мантией, слабо деплетированной и насыщенной Ni, Cu, Co, ЭПГ [Глазунов и др., 2003]</p>	<p>Сульфидный тип ЭПГ-Cu-Ni минерализации. Наиболее распространенные минералы ЭПГ: котульскит, соболевскит, сперрилит, мончит. $Ni \gg Cu, Pt \leq Pd$.</p> <p>Платиноносный горизонт в нижней части Кингашского массива содержит Pt и Pd до 17 г/т, $Ni > 1\%$. Распределение ЭПГ внутри этого горизонта согласуется с магматической расслоенностью [Глазунов и др., 2003]</p>	<p>Архейские и протерозойские зеленокаменные пояса Кольского региона и окраинной части Балтийского кристаллического щита (Алареченское месторождение, печенгская группа Cu-Ni месторождений [Ультраосновные ..., 1961; Смолькин и др., 1988]), месторождение Джинчуань в Северном Китае [Naldrett, 2004]</p>
2. Платинометалльные месторождения и рудопроявления в расслоенных ультрабазит-базитовых и габброидных массивах древних платформенных областей	<p>Докембрийские рифтогенные структуры окраинных частей древних кратонов — Сибирского и Южно-Китайского.</p> <p>Байкало-Патомский и Кодаро-Удоканский перикратонные прогибы южной окраины Сибирской платформы. Массивы: Йоко-Довыренский, Чинейский, Луктурский, Верхнесауканский и др.</p>	<p>Дунит-троктолит-габбровая формация (Йоко-Довыренский и др. расслоенные плутоны) Байкало-Патомского перикратонного прогиба южной окраины Сибирской платформы. Массивы высокотитанистых габброидов и монцодиоритов (Чинейский и др.) Кодаро-Удоканского прогиба — Западная окраина Алданского щита</p>	<p>Сульфидное МПГ-Cu-Ni и малосульфидное Pt-Pd оруденение (Йоко-Довыренский массив), сульфидное Cu-Pd оруденение (краевая зона Чинейского плутона). Малосульфидное оруденение (Йоко-Довыренский массив) приурочено к платиноносному рифу критической зоны расслоенной серии пород на границе дунит-троктолитового и габброидного горизонтов. Содержание ЭПГ и Au в рифе достигает 15,4 г/т. Преобладающими минералами Pt являются мончит и тетраферроплатина, минералами Pd — потарит, котульскит [Орсоев и др., 2003].</p> <p>В сульфидных рудах Чинейского месторождения преобладающим Pt минералом является сперрилит, Pd образует многочисленные соединения с As, Te, Bi, Sb и Sn. Содержание ЭПГ в сульфидном концентрате достигает 32 г/т с соотношением Pt:Pd = 7 [Толстых и др., 2004]</p>	<p>Малосульфидный тип оруденения (Йоко-Довыренский массив) сопоставляется с платинометалльными месторождениями расслоенных плутонов древних платформ (Бушвельд, Стиллуотер, Федорово-Панские тундры); Cu-Pd минерализация Чинейского массива — с Волковским месторождением на Урале и Садбери в Канаде</p>

<p>3. Платинометалльное оруденение в хромитовых рудах альпийно-типных гипербазитов офиолитовых поясов</p>	<p>Рифейско-палеозойские офиолитовые пояса южного складчатого обрамления Сибирского и Южно-Китайского кратонов с альпийно-типными гипербазитами. Оспинско-Китойский гипербазитовый массив Ильчирского офиолитового пояса (Вост. Саян), Калнинский массив Куртушинского пояса (Зап. Саян) южного обрамления Сибирской платформы</p>	<p>Дунит-гарцбургитовая формация альпийно-типных гипербазитов. Преобладают в различной степени (иногда полностью) серпентинизированные гарцбургиты и дуниты, менее распространены верлиты, лерцолиты, пироксениты и габбро (более поздние мелкие тела). Ультраосновные породы характеризуются высокой магнизиальностью ($Mg/Fe > 7$)</p>	<p>Подиформные хромитовые руды с минерализацией тугоплавких (Os, Ir, Ru) и легкоплавких (Pt, Pd, Rh) платиноидов. Смена первичной Os-Ir минерализации на Pt-Pd происходит на поздних стадиях и сопровождается привнесом Cu, Sb и Au. Платинопалладиевый тип оруденения достигает промышленных значений (Оспинско-Китойский и Калнинский массивы)</p>	<p>Pt-Pd оруденение в альпийно-типных гипербазитах офиолитовых поясов Великобритании, Норвегии, Испании, Канады, Австралии, Филиппин и Новой Зеландии [Поляков, Кривенко, 2004]. На Урале признаки такого оруденения имеются в массиве Крака [Додин и др., 2000].</p>
<p>4. Платинометалльное оруденение в зональных ультрамафит-мафитовых массивах и ультрабазит-базитовых вулканоплутонических комплексах палеозойских коллизионных поясов (орогенов)</p>	<p>Ордовикский Кузнецко-Алатауско-Алтайский коллизионный пояс, включающий ультрамафит-мафитовые массивы с элементами зонального строения и изоферроплатиновой минерализацией</p>	<p>Формация зональных габбро-пироксенит-дунитовых массивов (Кайгадатский, Среднетерсинский, Сеглебирский и др.) Кузнецкого Алатау и пикритоидный комплекс Урэг-Нурского ареала (Монгольский Алтай)</p>	<p>Урало-алаянский изоферроплатиновый тип минерализации Кузнецкого Алатау характеризуется преобладанием Pt-Fe сплавов (самородная или железистая платина и изоферроплатина). В Урэг-Нурском ареале доминирует Ir-, Rh- и Cu-содержащая изоферроплатина</p>	<p>Изоферроплатиновые месторождения в зональных массивах габбро-пироксенит-дунитовой формации Урала и в ультрабазит-базитовом вулканоплутоническом комплексе Корякско-Камчатского региона.</p>
<p>5. Платинометалльно-медно-никелевые месторождения и рудопроявления в пикритоидных, пикрит-долеритовых и коматиит-базальтовых вулканоплутонических комплексах герцинских и пермотриасовых систем</p>	<p>Позднепалеозойско-раннемезозойские складчатые системы (Томь-Кольванская, Зайсан-Гобийская, Южнокитайско-Северо-вьетнамская и др.), пермотриасовые подвижные пояса и рифтогенные структуры южного обрамления Сибирского и Южно-Китайского кратонов (Орхон-Селенгинский в Монголии, Шонгда, Шонгхем и др. в Северном Вьетнаме)</p>	<p>Пикритоидные и пикрит-долеритовые вулканоплутонические комплексы позднепалеозойских (герцинских) подвижных поясов. Пикритоидные, коматиит-базальтовые и щелочно-базальтовые комплексы пермотриасовых рифтогенных структур, сопряженные с платформенными траппами и другими производными пермотриасового плюмового магматизма Сибири и Юго-Восточной Азии</p>	<p>Сульфидный платинометалльно-медно-никелевый тип оруденения. В герцинских пикрит-долеритовых комплексах (месторождение Колотонк, Северный Китай) доминирует халькопирит-пирротинный парагенезис с участием виоларита и пентландита, $Ni/(Ni + Cu) = 0,28—0,9$. Для пермотриасовых коматиит-базальтовых комплексов Северного Вьетнама (месторождение Банфук) характерны существенно Ni сульфидные руды, минералы ЭПГ представлены преимущественно сперрилитом и майченеритом в ассоциации с сульфоарсенидами</p>	<p>Сульфидные платинометалльно-медно-никелевые месторождения, связанные с коматиитами (Австралия), траппами Сибири и провинции Эмейшань (платформа Янцзы)</p>

и габброидов 1410—875 млн лет [Гертнер и др., 2005], а для Джунчуаньского — 1500—850 млн лет. Аналогичные рудопоявления известны и в других докембрийских подвижных поясах южного обрамления Сибирской платформы [Ножкин и др., 1995; Мехоношин и др., 1990, 1999; Глазунов и др., 1996, 2003; Корнев и др., 2003, 2004]. Они образуют в совокупности со следующей группой платиноносных комплексов юга Сибирской платформы новый весьма перспективный платинометалльно-медно-никелевый регион.

ПЛАТИНОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАССЛОЕННЫХ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ МАССИВОВ КРАЕВЫХ РИФТОГЕННЫХ СТРУКТУР ПЛАТФОРМЕННЫХ БЛОКОВ

К этой категории также докембрийских образований принадлежат платиноносные расслоенные ультрабазит-базитовые массивы рифтогенных структур перикратонных прогибов на окраинах Сибирского кратона. Сюда относятся Байкало-Патомский и Кодаро-Удоканский прогибы юго-восточной окраины Сибирской платформы с Йоко-Довыренским, Чайским, Нюрндукуанским, Чинейским, Луктурским, Верхнесакуканским и другими плутонами (рис. 4).

В Байкало-Патомской части этого региона примером наиболее изученных платиноносных расслоенных массивов с сульфидной и малосульфидной минерализацией МПГ является Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый плутон. Он находится в Сыннырско-Патомской (или Олоkitской) рифтогенной структуре (южная часть Байкало-Патомского прогиба), обнаруживает большое сходство состава и близость возраста с выполняющими эту структуру пикрит-базальтовым и базанит-базальт-трахидацитовым комплексами, образуя с ними единую вулканоплутоническую ассоциацию [Конников и др., 1988, 1995]. Внутреннее строение и состав массива исследованы весьма детально [Гурулев, 1965; Ярошевский и др., 1981; Балыкин и др., 1986; Конников, 1986; Конников и др., 1988, 1995; Кислов, 1998; Орсов и др., 2003]. Это типичный представитель расслоенных массивов дунит-троктолит-габбровой формации. В нижней его части находятся ритмично чередующиеся плагиодуниты, троктолиты и оливиновые габбро, в верхах преобладают массивные оливиновые габбро и оливиновые габбронориты, в приподошвенном горизонте сосредоточены плагиоперидотиты и плагиодуниты. Состав исходного расплава, рассчитанный по закалочным фациям в подошве массива, а также по его средневзвешенному составу, отвечает низкотитанистым пикритам или коматитам [Конников, 1986].

Относительно хорошо изучена и платиноносность массива [Конников, Игнатович, 1993; Конников и др., 1995; Дистлер, Степин, 1993; Кислов, 1998; Орсов и др., 2003]. В нем установлена платинометалльная минерализация двух типов: сульфидная, сопутствующая медно-никелевому оруденению, и малосульфидная, сопряженная с рассеянной рудной вкрапленностью. Первая приурочена к нижним преимущественно дунит-лерцолитовым горизонтам массива со связанным с ними приподошвенным плагиоперидотитовым силлом, несущим преимущественно вкрапленные, а также массивные и жильные сульфидные (пентландит-пирротин-халькопиритовые) руды. В них наряду с высокими содержаниями Ni, Cu и Co установлены повышенные содержания Pd, Pt и Rh. Из собственно платиновых минералов описывается сперрилит. Сопровождающая рассеянное вкрапленное оруденение малосульфидная платинометалльная минерализация проявляется преимущественно в средней части массива, в верхах дунитовой и троктолит-габбровой зон. Здесь на границе дунит-троктолит-габбрового и существенно габброидного (габброноритового) горизонтов находится расслоенная критическая серия — тонкое переслаивание плагиоклаз-содержащих дунитов, плагиоверлитов, троктолитов, оливиновых габбро и габброноритов с линзами анортозитов и участками такситовых пород. В ней установлен платиноносный риф с суммарным содержанием Pt и Pd до 15 г/т. Образование рифа в критической зоне объясняется Д.А. Орсовым и др.

[2003] с позиций гипотезы компакции, согласно которой области смены кумулатов и перехода от ультрамафит-мафитовых к мафитовым парагенези-

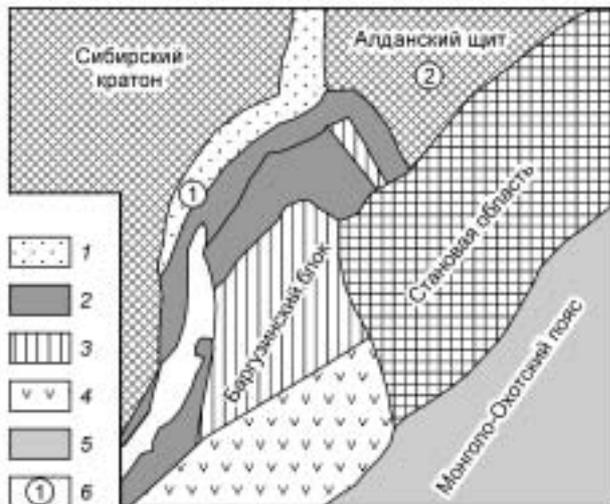


Рис. 4. Схема размещения платиноносных расслоенных массивов юго-восточного обрамления Сибирского кратона.

1 — рифейский окраинно-континентальный Байкало-Патомский прогиб; 2 — рифейско-вендский Байкало-Муйский офиолитово-островодужный пояс; 3 — микроконтиненты (Муйский и Баргузинский блоки); 4 — вент-кембрийская Еравнинская островодужная система; 5 — позднепалеозойско-мезозойский Монголо-Охотский пояс; 6 — платиноносные массивы: 1 — Йоко-Довыренский (Байкало-Патомский прогиб), 2 — Чинейский, Луктурский, Верхнесакуканский и др. (Кодаро-Удоканский ареал).

сам в расслоенной серии являются местами разуплотнения и, соответственно, притока остаточного расплава и летучих, несущих платиновые металлы.

Сульфидная вкрапленность в этой части массива представлена преимущественно троилитом в ассоциации с пентландитом, отмечаются кубанит и халькопирит. Среди минералов платиновой группы доминируют теллуриды и висмутотеллуриды Pt и Pd. В отличие от сульфидных медно-никелевых руд нижней дунит-плагиоперидотитовой зоны, для которых характерно преобладание палладия над платиной, в малосульфидном типе минерализации „критической“ зоны отмечается обратное соотношение этих элементов. Установлено сходство малосульфидной минерализации Йоко-Довыренского плутона с известными докембрийскими расслоенными массивами древних платформенных областей (Стиллиуотерский, Бушвельдский, Федорово-Панские тундры и др.).

В расположенной восточнее Алданской части Байкало-Становой медь-никеленосной провинции наиболее значительным по масштабам и характеру платинометалльного оруденения является Чинейский раннепротерозойский пироксенит-анортозит-габброноритовый плутон, связанный с системой крупных субширотных разломов в Кодаро-Удоканском перикратонном прогибе юго-восточной окраины Сибирской платформы. Возраст Чинейского массива долгое время оставался дискуссионным, что затрудняло оценку геодинамической обстановки его формирования и корреляции с другими рудоносными ассоциациями. Полученные нами с использованием Ar/Ar метода оценки времени становления Чинейского и Луктурского массивов показали синхронность этих массивов и возможность их отнесения к раннепротерозойской платиноносной эпохе (1900—1850 млн лет). Так, для биотита из габброидов Чинейского массива получен Ar/Ar возраст 1880 ± 16 млн лет, а для биотита из габбро Луктурского массива — 1890 ± 5 млн лет. Геохимические данные свидетельствуют об их образовании из однотипного родоначального расплава. Здесь же находятся и другие, аналогичные по составу и возрасту габброидные массивы данного ареала: Верхнесауканский, Эбкаганский и др.

Чинейский массив исследован наиболее полно и разносторонне [Конников, 1986, 1993; Гонгальский, Криволуцкая, 1993; Конников и др., 1995; Толстых и др., 2004]. Он характеризуется большими размерами, лополитообразной формой и ритмично-расслоенным внутренним строением. В сложении расслоенной серии наряду с преобладающими габбро и габброноритами разной меланократовости участвуют анортозиты и пироксениты, а также в разной степени обогащенные титаномагнетитом рудные габбро и Fe-Ti-V руды. Массив интересен совмещением в нем оксидной железо-титан-ванадиевой и сульфидной пирротин-халькопиритовой минерализацией. Железо-титан-ванадиевое оруденение заключено в господствующих в разрезе и по площади массива высокотитанистых габброидах, которые содержат разной интенсивности рудную (преимущественно титаномагнетитовую) вкрапленность, а также отдельные горизонты, прослои и линзы богатых Fe-Ti-V руд иногда с повышенными концентрациями платиноидов (суммарные содержания Pt и Pd в них не превышают, как правило, 2 г/т).

Сульфидные руды, характеризующиеся более высокими концентрациями платиноидов, сосредоточены в эндо- и экзоконтактной зонах массива в приподошвенной его части. Руды вкрапленные и жильные, меняющиеся по составу от пирротин-халькопиритовых до халькопиритовых, в удаленных от контакта породах отмечается вкрапленность пирротина с тонкими вростками пентландита. По данным Н.Д. Толстых и др. [2004], от внутренних частей массива к контакту возрастает связь ЭПГ с сульфоарсенидами. В целом устанавливается закономерная смена высокотемпературных минеральных парагенезисов ЭПГ, связанных с пирротиновой вкрапленностью внутренних частей массива, низкотемпературными в халькопиритовых рудах эндо- и экзоконтактов. Минералы Pd, принадлежащие преимущественно системе Pd—Bi—Te—Sb, представлены фрудитом, соболевскимитом, садбериитом, котульскимитом, майченеритом, стибиопалладинитом, мертиитом и изомертиитом, в халькопиритовых рудах установлены минералы системы Pd—Ni—As (никелин, маухерит, маякит, меньшевикит, палладоарсенит), в группе вторичных палладийсодержащих минералов отмечаются оксиды системы Pd—Sb—Bi [Толстых и др., 2004]. Собственно платиновые минералы представлены в основном сперрилитом.

В пределах разведанного к настоящему времени участка руч. Рудный на восточном фланге Чинейского массива запасы руд при среднем содержании Cu — 0,7 %, Ni — 0,1 %, Pt — 0,15 г/т, Pd — 0,4 г/т оцениваются в 570 млн т. Исходя из этого и данных по другим участкам, ресурсы меди в целом по массиву составляют около 8 млн т, а МПГ — более 900 т. В Удоканском прогибе сульфидные руды чинейского типа установлены и в других габброидных массивах (Верхнесауканском, Луктурском, Эбкаганском и др.). Если соотношения МПГ и меди в них аналогичны Чинейским, то прогнозные ресурсы МПГ в этой провинции могут оцениваться весьма высоко [Поляков, Кривенко, 2004].

ПЛАТИНОНОСНЫЕ ГИПЕРБАЗИТЫ РИФЕЙСКО-ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОФИОЛИТОВЫХ ПОЯСОВ

К безусловно продуктивным в отношении платинометалльного оруденения следует относить альпийские гипербазиты рифейско-раннепалеозойских и более поздних офиолитовых поясов, широко представленных в структурах складчатого обрамления Сибирского и Китайского кратонов (рис. 5). Ранее

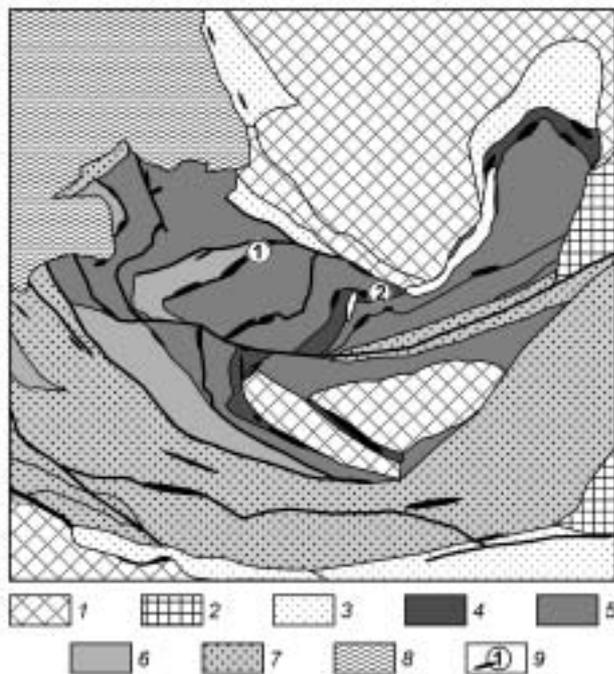


Рис. 5. Схема расположения офиолитов и связанных с ними гипербазитов в Центрально-Азиатском складчатом поясе.

1 — континенты и микроконтиненты; 2 — ремобилизованные докембрийские блоки; 3—7 — складчатые области: 3 — рифейские, 4 — рифей-вендские, 5 — раннекаледонские, 6 — позднекаледонские, 7 — герцинские и пермотриасовые; 8 — отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 9 — офиолитовые комплексы, включая гипербазитовые массивы. Массивы с Cr-Pt-Pd рудопроявлениями: 1 — Калнинский, 2 — Оспинско-Китойский.

считалось, что месторождения хромитовых руд подиформного типа, характерные для альпинотипных гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации, содержат преимущественно минералы тугоплавких платиноидов (Os, Ir, Ru), которые в силу невысоких их концентраций из руд этого типа не извлекаются. В последние годы в хромитах офиолитовых гипербазитов обнаружена платиново-палладиевая минерализация, достигающая в ряде районов мира (Шотландия, Норвегия, Испания, Канада, Филиппины) промышленных значений [Prichard et al., 1986; Bacuta et al., 1990; Corrivaux, Laflam, 1990;

Pedersen et al., 1993; Yang, Seccombe, 1993; Moreno et al., 1999; Gunn, Styles, 2002]. В таких рудах обычно платина преобладает над палладием, но иногда бывают и обратные соотношения. Минералы платины и палладия (сперрилит, соединения Pt-Fe-Ni-Cu, Pt-Cu, Pd-Sb, Pd-Cu-Sb, Pd-Hg) образуются после хромита, в связи с серпентином, сульфидами и арсенидами никеля.

Платинометалльная минерализация этого типа обнаружена в последнее десятилетие и в ряде офиолитовых поясов южного обрамления Сибирской платформы: в альпинотипных гипербазитах офиолитовых поясов Тувы [Самородные металлы..., 1993], в Оспинско-Китойских гипербазитах Ильчирского пояса в Восточном Саяне [Орсоев и др., 2001] и в Калнинском массиве Кургушибинского пояса в Западном Саяне [Подлипский, Кривенко, 2003; Подлипский и др., 2004]. Гипербазиты всех перечисленных поясов принадлежат к типичным проявлениям дунит-гарцбургитовой формации. Они представлены преимущественно в различной степени серпентинизированными дунитами и гарцбургитами, апогартбургитовыми серпентинитами и в меньшей степени лерцолитами, верлитами и клинопироксенидами. В серпентинизированных дунитах и пироксенитах находятся хромитовые руды подиформного типа — хромититы, сложенные хромшпинелидами разных генераций. Состав основных породообразующих и рудных минералов обычный для альпинотипных гипербазитов. В хромититах повсеместно отмечаются повышенные концентрации типовых для таких гипербазитов ЭПГ (Os, Ir, Ru). Вместе с тем в ряде случаев обнаруживается вторая группа — легкоплавкие ЭПГ с относительно высоким содержанием Pt, Pd и Rh. В Оспинско-Китойском массиве отмечается ведущая роль в минералах этой группы Pt при подчиненных значениях Pd. Здесь же в хромититах с аномально высоким содержанием Pt и Pd установлен [Орсоев и др., 2001] существенно платиновый неназванный минерал PtCu₃ со значительным содержанием золота и сурьмы. Эти исследования показали, что в альпинотипных гипербазитах происходит преобразование свойственной им первичной Os-Ir-Ru минерализации, сопровождающееся накоплением Pt и Pd, а также привнесом Cu, Sb и Au.

Особенно детально и полно Pt-Pd минерализация изучена в хромититах Калнинского массива [Подлипский, Кривенко, 2003; Подлипский и др., 2004]. Наряду с ранее известными повышенными концентрациями Os, Ir и Ru во вкрапленных хромититовых рудах этого массива обнаружены высокие, достигающие суммарно 3 г/т, содержания Pt и Pd при преобладании Pt. Для платинометалльного оруденения характерны многостадийность, относительно низкотемпературные условия минералообразования, весьма разнообразная минерализация с доминирующей ролью соединений Pt-Fe-Cu-Ni, Pt-As, Pd-Sb, Pd-Cu-Sb. В общей сложности установлено более 15 минеральных видов МПГ, главными среди которых являются сперрилит, неназванный Pd₂CuSb и Pt-Fe-Cu сплавы, содержащие в качестве основной примеси Pd. На поздних гидротермальных стадиях минерализации образуются минералы палладия и родия, в общем редкие для альпинотипных гипербазитов.

В целом Pt-Pd оруденение, установленное в последние годы в альпинотипных гипербазитах, широко развитых в многочисленных и зачастую весьма протяженных офиолитовых поясах [Кузнецов, 1954], представляется на сегодня важным и перспективным типом платинометалльных месторождений складчатых областей Центральной и Юго-Восточной Азии.

ПЛАТИНОНОСНЫЕ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПАЛЕОЗОЙСКИХ КОЛЛИЗИОННЫХ ПОЯСОВ

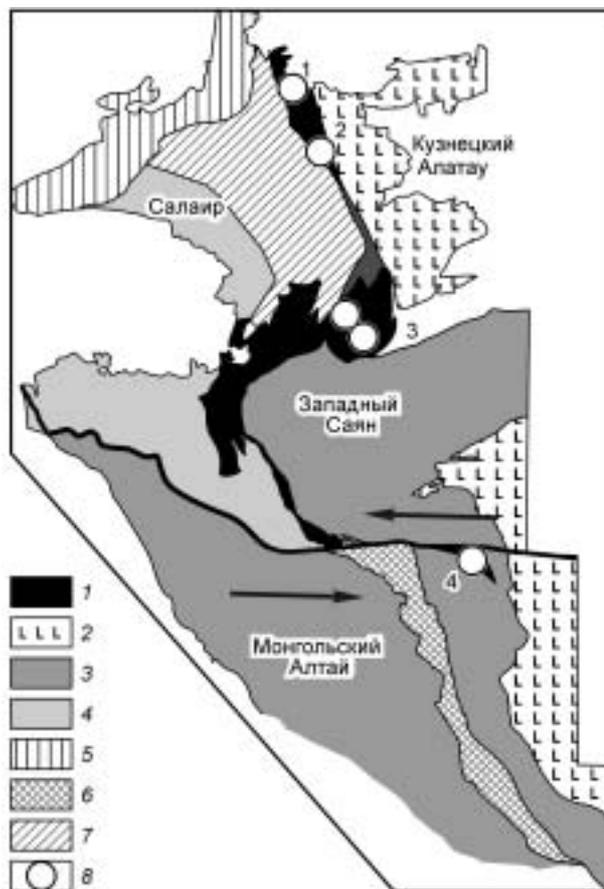
Весьма интересны и перспективны в отношении МПГ ультрабазит-базитовые магматические комплексы коллизионных орогенов, включающие зональные габбро-пироксенит-дунитовые массивы и другие близкие к ним по составу вулканоплутонические образования с ферроплатиновой минерализацией урало-алаякского типа. В азиатской части России к таким структурам относится Кузнецко-Алатауско-Алтайский кембро-ордовикский коллизионный пояс [Изох и др., 2006] в западной части Алтае-Саянской складчатой области (рис. 6).

В северной части этого пояса (в Кузнецком Алатау) постоянно были известны золото-ферроплатиновые россыпи. В Золото-Китатской зоне в качестве коренного источника таких россыпей сравнительно недавно установлен Кайгадатский габбро-пироксенит-перидотитовый массив [Подлипский, Кривенко, 2001]. Он сложен магнезиальными низкотитанистыми габбро и габброноритами, оливиновыми клинопироксенитами и верлитами. По петрографическим и минералого-геохимическим особенностям этот массив сопоставляется с интрузиями дунит-пироксенит-габбровой формации Урала, сопровождающимися изоферроплатиновой минерализацией урало-алаякского типа. Аналогичное оруденение обнаружено и в связи с Кайгадатским массивом. В россыпях размывающих его ручьев выявлена изоферроплатина, содержащая повышенные концентрации иридия (до 3,75 %) или родия (до 2,9 %). К такому же типу массивов, судя по всему, относятся Среднетерсинский плутон на севере Кузнецкого Алатау и Сеглебирский интрузив в Горной Шории. В ультраосновных породах Среднетерсинского массива установлена своеобразная платиновая и палладиевая минерализация [Поляков и др., 1994б], которая сопоставляется по ряду показателей с охарактеризованной выше. В аллювии р. Каура, размывающей Сеглебирский массив, также выявлена ферроплатиновая минерализация.

Южная часть Кузнецко-Алатауско-Алтайского платиноносного пояса продолжается на территорию Монгольского Алтая (см. рис. 6). Здесь, южнее оз. Урэг-Нур в структурах Яматугольской зоны выделяется кембрийская пикритовая вулканоплутоническая ассоциация, представленная дайками и силлами различных по составу пикритоидов, пироксеновых порфиритов и долеритов, кроме того, встречаются небольшие по размерам верлит-клинопироксенит-габбровые интрузивы, включая сложные силлы, дифференцированные от перидотитов (иногда дунитов, верлитов или оливиновых пироксенитов) до меланократовых габброидов [Berzin, 1991; Изох и др., 2006]. По составу пород и минералого-геохимическим их особенностям эта ассоциация близка к охарактеризованным выше габбро-пироксенит-дунитовым массивам Кузнецкого Алатау (Кайгадатскому, Среднетерсинскому и др.), отличаясь от них лишь меньшими фациями глубинности. Обнаруживается сходство состава этой ассоциации с вулканоплутоническим ультрабазит-базитовым комплексом Центральной Камчатки [Ланда и др., 2000], с которым в Корьякско-Камчатском регионе также связаны изоферроплатиновые россыпи урало-алаякского типа. Близкого состава россыпи установлены и в районе оз. Урэг-Нур [Izokh et al., 2004]. В них преобладает Ir-Ru и Cu-содержащая ферроплатина, включающая лаурит, холлингвортит, геверсит и минералы серий Ru_2S_3 — Ir_2S_3 , $IrAsS$ — $RhAsS$,

Рис. 6. Размещение габбро-пироксенит-дунитовых массивов и россыпной изоферроплатиновой минерализации в Кузнецко-Алатауско-Алтайском коллизионном поясе.

1 — венд-кембрийские офиолитовые и совмещенные с ними кембро-ордовикские ультрамафит-мафитовые комплексы, включая пикритовые вулканоплутонические ассоциации; 2—5 — складчатые системы: 2 — Кузнецко-Алатауская и Таннуольская, 3 — Саяно-Тувинская и Монголо-Алтайская, 4 — Салаиро-Горноалтайская, 5 — Колывань-Томская; 6 — Толбонурская зона; 7 — Кузнецкий прогиб; 8 — платиноносные массивы и россыпные рудопроявления: 1 — Кайгадатский, 2 — Среднетерсинский, 3 — Сеглебирский, 4 — ферроплатиновые россыпи Горной Шории; 5 — Урэг-Нурский ареал пикритов и россыпной изоферроплатины.



CuRh_2S_4 — CuPt_2S_4 — CuIr_2S_4 . Коренным источником для этих россыпей являются породы пикритоидного вулканоплутонического комплекса Урэг-Нурского ареала.

Таким образом, на западе Алтае-Саянской складчатой области выделяется весьма протяженный Кузнецко-Алатауско-Алтайский платиноносный пояс, относящийся к кембрийско-ордовикским коллизионным системам Южной Сибири и Северной Монголии. Эта и другие аналогичные структуры южного обрамления Сибирской платформы могут рассматриваться как весьма перспективные металлогенические провинции, высокопродуктивные в отношении платинометалльных месторождений уралояского типа, известных на Урале, в Корякско-Камчатском регионе и на Аляске.

ПЛАТИНОНОСНЫЕ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГЕРЦИНСКИХ И ПЕРМОТРИАСОВЫХ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ

Наиболее поздними платиноносными комплексами структур южного обрамления Сибирского и Южно-Китайского кратонов являются пикритовые, пикрит-долеритовые, коматиит-базальтовые, щелочно-базальтовые и другие вулканоплутонические ассоциации герцинских и пермтриасовых подвижных поясов. Пермтриасовые комплексы связаны с платформенными траппами и относятся, как и траппы, к производным плюмового магматизма этой эпохи [Изох и др., 2005; Борисенко и др., 2006].

Герцинские пояса и связанные с ними пикрит-долеритовые комплексы, сопровождающиеся сульфидными платинометалльно-медно-никелевыми рудопроявлениями, особенно широко развиты в южном обрамлении Сибирской платформы и в обрамлении Таримского блока, где широко проявились платобазальты раннепермского возраста (рис. 7) [Борисенко и др., 2006]. К наиболее крупным герцинским структурам этого региона относится Зайсан-Гобийская подвижная зона, которая простирается в северо-западном направлении от Гобийского сегмента герцинид Южной Монголии до Зайсанской области Восточного Казахстана (см. рис. 7). На всем ее протяжении прослеживаются малые пикритовые и пикрит-долеритовые интрузии, с которыми связаны сульфидные рудопроявления меди и никеля, иногда сопровождающиеся повышенными концентрациями ЭПГ [Поляков и др., 1994а]. Это месторождения Колотонк в Северном Китае (провинция Синцзян), Максут в Восточном Казахстане. Рудоносные интрузии относятся к пикрит-долеритовой формации, обладающей повышенной общей щелочностью пород. Сопутствующая этим комплексам сульфидная Cu-Ni минерализация представлена преимущественно халькопирит-пирротинным парагенезисом. В рудах Ni/(Ni + Cu) колеблется от 0,25 до 0,90. На месторождении Колотонк выделяются три типа руд: железистые, медистые и аномально медистые [Готов и др., 2002].

Сопряженный с платформенными траппами пермтриасовый ультрамафит-мафитовый магматизм складчатого обрамления платформ полнее представлен и лучше изучен на юге Китайского кратона. Проявления пермтриасового магматизма и связанного с ним оруденения в этом районе отражены на рис. 2. Сульфидные платинометалльно-медно-никелевые месторождения установлены здесь в связи с траппами восточной части провинции Эмейшань на платформе Янцзы (Yangliuping, Zhengziyanwu, Jing-Bao-Shan). Кроме того, в ряде перидотит-габбровых массивов центральной части этой провинции описывается Fe-Ti-V оруденение с сопутствующей минерализацией ЭПГ [Boven et al., 2002; Zhong et al., 2002]. По оценкам китайских специалистов, в самих базальтах провинции Эмейшань концентрация Pt и Pd превышает на 2 порядка соответствующие величины для конвектирующей мантии [Song et al., 2003].

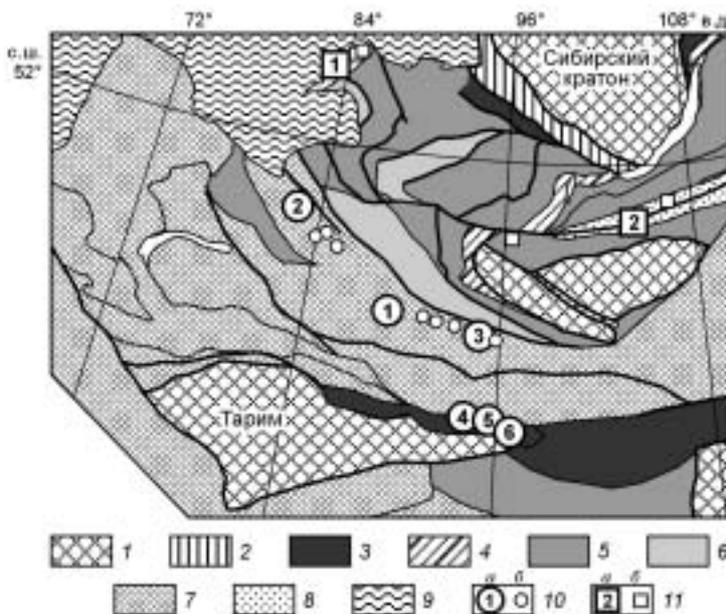


Рис. 7. Схема размещения МПГ-Cu-Ni месторождений и рудопроявлений герцинских и пермтриасовых систем Центрально-Азиатского складчатого пояса.

1 — континенты и микроконтиненты; 2 — выходы фундамента Сибирской платформы; 3—8 — складчатые области: 3 — рифейские, 4 — рифей-вендские, 5 — раннекаледонские, 6 — позднекаледонские, 7 — герцинские, 8 — пермтриасовые; 9 — отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 10 — карбон-пермские ультрамафит-мафитовые массивы с Cu-Ni-ЭПГ минерализацией (а — месторождения, б — рудопроявления): 1 — Колотонк, 2 — Максут, 3 — Джавлант, 4 — Хуангшань, 5 — Хуангшаньдонг, 6 — Хулу; 11 — пермтриасовые месторождения и рудопроявления: 1 — Седова Заимка, 2 — Номгон.

В подвижных поясах южного обрамления Китайского кратона родственные траппам пермотриасовые платиноносные комплексы изучены [Поляков и др., 1998, 1999] на территории Северного Вьетнама в рифтогенных структурах Шонгда и Шонгхием (см. рис. 2). В рифте Шонгда производные этого магматизма представлены позднепермскими пикрит-андезит-базальтовым, диабаз-пикритовым и риолит-андезит-базальтовым комплексами повышенной щелочности в бортах рифта и раннетриасовой ассоциацией высокомагнезиальных и низкотитанистых вулканитов коматиит-базальтовой серии в осевой его части [Поляков и др., 1998]. В зоне Шонгхием — это позднепермский вулканоплутонический комплекс Каобанг, образованный вулканитами основного состава и многочисленными малыми лерцолит-габбронорит-долеритовыми интрузиями. Эти комплексы рифтогенных структур Шонгда и Шонгхием Северного Вьетнама близки по составу и возрасту к расположенным северо-западнее платобазальтам провинции Эмейшань платформы Янцзы [Бин-Цюань Чжу и др., 2005], представляя продукты того же пермотриасового плюмового магматизма, но в структурах складчатого обрамления платформы [Hansky et al., 2004; Изох и др., 2005].

В связи с пермотриасовыми комплексами структур обрамления установлены платинометалльно-медно-никелевые рудопроявления, аналогичные платформенным. Наиболее близки по составу и возрасту к МПГ-Cu-Ni месторождения провинции Эмейшань рудопроявления в коматиит-базальтовом комплексе осевой части рифта Шонгда (месторождение Банфук и рудопроявление Банмонг), охарактеризованные в ряде работ [Поляков и др., 1999; Glotov et al., 2001; Polyakov et al., 2004]. Здесь выделяются два типа сульфидных руд: массивные преимущественно никелевые, средние значения Ni/(Ni + Cu) в которых составляют около 0,8, и более бедное вкрапленное оруденение, иногда с обратными соотношениями Cu и Ni. Характерна платинопалладиевая специализация ЭПГ при некотором преобладании содержания платины: содержания Pt достигают 1,6—3,5 г/т, Pd — 0,44—1,49 г/т. Основными минералами сульфидных руд являются пирротин, пентландит и халькопирит. Кроме того, в них присутствуют виоларит, хизлевудит, галенит, сфалерит, антимонит, арсениды никеля, сульфоарсениды кобальта и никеля, теллуриды висмута, серебра и никеля, сложные свинцово-медно-висмутовые сульфиды и ряд других минералов. Из платиновых минералов доминирует сперрилит, который находится в ассоциации с сульфоарсенидами никеля и кобальта, а палладиевых — майченерит, ассоциирующий с сульфоарсенидами, в которых обнаруживаются включения и других палладийсодержащих минералов. В сульфидизированных дайках района Банмонг преобладают палладиевые минералы, среди которых наряду с майченеритом обнаруживаются садбериит в сростании с майченеритом и цуомитом и паоловит. Характерно в целом нефракционированное распределение благородных металлов в рудах, типичное для коматиитов. Весь комплекс других признаков (Ni/(Ni + Cu), минералого-геохимические особенности, изотопный состав серы в сульфидах и др.) отвечает характеристикам сульфидных платинометалльно-медно-никелевых руд, связанных с коматиитами и траппами. Этот вид рудной минерализации хорошо сопоставляется, в частности, с упоминавшимися выше сульфидными МПГ-Cu-Ni рудопроявлениями и месторождениями в траппах провинции Эмейшань.

Таким образом, и этот тип платинометалльных рудопроявлений может рассматриваться как весьма перспективный, сопряженный с высокопродуктивным плюмовым магматизмом пермотриасовой эпохи, с которым связаны широко известные месторождения в траппах Сибирской и Южно-Китайской платформ.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Подводя общий итог представленному обобщению, можно утверждать, что в разновозрастных подвижных поясах обширной территории Центральной и Юго-Восточной Азии проявились, по существу, все главные типы платинометалльных месторождений, связанных с мантийным ультрабазит-базитовым магматизмом. При этом в ряде случаев выделяются крупные, специализированные на определенные виды платинометалльных месторождений, металлогенические провинции, перспективность которых вполне обосновывается современными данными по магматизму и металлогении.

Приведенные выше данные свидетельствуют также о том, что платиноносные провинции во всех случаях являются структурами наиболее широкого и интенсивного развития мантийного магматизма. Исходя из этого, особо перспективными могут считаться краевые зоны древних платформ, характеризующиеся, как было показано выше, широкомасштабными, многократными и разнообразными проявлениями такого магматизма. В связи с этим заметим, что платиноносные массивы Кингашского ареала Саянской провинции по геологическому положению, возрасту и характеру рудной специализации в полном объеме сопоставляются с протерозойскими платиноносными комплексами Джунчуань в Северном Китае (северная окраина Китайского кратона), для которого также предполагается окраинно-континентальная рифтогенная геодинамическая обстановка. К платиноносным плутонам, формировавшимся в обстановке окраинно-континентального рифтогенеза, относится и Йоко-Довыренский массив Байкало-Патомского прогиба.

Особого внимания, с точки зрения платиноносности, безусловно, заслуживают области влияния мантийных плюмов, в частности Евразийского пермотриасового суперплюма [Добрецов, 1997, 2005;

Ярмолюк и др., 2000; Nikishin et al., 2002], сопровождавшегося уникальным по масштабам и интенсивности ультрабазит-базитовым магматизмом, охватившим не только платформенные, но и складчатые системы Центральной и Юго-Восточной Азии в ареалах воздействия Сибирского, Таримского и Южно-Китайского (Эмейшаньского) плюмов. Кроме того, следует подчеркнуть, что значительная часть рассмотренных в статье платиноносных расслоенных плутонов и докембрийских структур также отвечает по возрастным рубежам крупным изверженным провинциям, связанным с проявлениями суперплюмов. Формирование Чинейского, Луктурского и Верхнесакуканского массивов отвечает внутриконтинентальному рифтогенному этапу (1890—1880 млн лет), что позволяет коррелировать их с платиноносным комплексом Fox River Sill провинции Сьюпериор в Канаде (1883 млн лет [Heaman et al., 1986; Scoates and Eckstrand, 1986]) и с платиноносными и медь-никеленосными расслоенными интрузивами Восточной Кимберли в Австралии (1857 млн лет [Hoatson, 1998]). Все эти комплексы связаны с вутриконтинентальными рифтовыми структурами, возникающими после формирования суперконтинента на рубеже 2—1,9 млрд лет [Zhao et al., 2002].

К числу первоочередных задач дальнейшего изучения платиноносных комплексов и связанных с ними месторождений относятся проблемы происхождения различных их типов. К ним, естественно, принадлежит и разработка моделей зарождения и развития соответствующих рудно-магматических систем, позволяющих оценивать в пределах крупных регионов (металлогенических провинций) возможные масштабы рудообразования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 06-05-64354), проектов 6.11 СО РАН, 722 ОНЗ РАН и научной школы НШ 1573.2003.5.

ЛИТЕРАТУРА

Балыкин П.А., Поляков Г.В., Богнибов В.И., Петрова Т.Е. Протерозойские ультрабазит-базитовые формации Байкало-Становой области // Труды ИГиГ СО АН СССР, Вып. 664. Новосибирск, Наука, 1986, 206 с.

Бин-Цюань Чжу, Яо-Гуо Ху, Сянь-Ян Чан, Цзинь Се, Чжэн-Вэй Чжан. Крупнейшая магматическая провинция Эмейшань: результат плавления примитивной мантии и субдуцированного слэба // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 924—941.

Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А. Пермотриасовое оруднение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (1), с. 166—182.

Гертнер И.Ф., Глазунов О.М., Морикио Т., Тишин П.А., Чернышов А.И., Краснова Т.С., Врублевский В.В. Изотопно-геохимические ограничения модели формирования Кингашского ультрамафит-мафитового массива (Восточный Саян) // Петрология магматических и метаморфических комплексов (в пяти томах): Материалы Всероссийской научной конференции, Томск, 24—26 ноября 2005. Томск, Изд-во Том. ун-та, т. 1, с. 61—72.

Глазунов О.М., Павлова Т.Л. Геолого-геофизическое обоснование новой никель-платиноносной провинции Сибири // Проблемы геологии Сибири: Материалы конф., посвящ. 75-летию геологического образования ТГУ, Т. 2. Томск, Изд-во Том. ун-та, 1996, с. 101—102.

Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2003, 192 с.

Глотов А.И., Кривенко А.П., Поляков Г.В., Уварова Е.А. Петрология сульфидного медно-никелевого месторождения Колотонк (Северо-Западный Китай) // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (11), с. 990—1001.

Гонгальский Б.И., Криволуцкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск, Наука, 1993, 189 с.

Гурулев С.А. Геология и условия формирования Йоко-Довыренского габбро-перидотитового массива. М., Наука, 1965, 122 с.

Дистлер В.В., Степин А.Г. Малосульфидный платиноносный горизонт Йоко-Довыренского расслоенного ультрабазит-базитового интрузива // Докл. РАН, 1993, т. 328, № 4, с. 498—501.

Добрецов Н.Л. Пермотриасовый магматизм и осадконакопление в Евразии как отражение мантийного суперплюма // Докл. РАН, 1997, т. 354, № 4, с. 457—500.

Добрецов Н.Л. Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 870—890.

Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. СПб., Наука, 2000, 753 с.

Изох А.Э., Поляков Г.В., Хоа Чан Чонг, Балькин П.А., Фыонг Нго Тхи. Пермтриасовый ультрамафит-мафитовый магматизм Северного Вьетнама и Южного Китая как проявление плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 942—951.

Изох А.Э., Поляков Г.В., Травин А.В., Калугин В.М., Шелепаев Р.А., Вишневецкий А.В., Оюунчимег Т. Кембрийский возраст урэгнурской платиноносной пикрит-базальтовой вулканоплутонической ассоциации Монгольского Алтая (Западная Монголия) // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении: Тез. докл. Международного совещания, посвящ. 100-летию со дня рождения акад. В.А. Кузнецова, Новосибирск, 10—12 апреля 2006 г. Новосибирск, Академическое изд-во „Гео“, 2006, с. 94—95.

Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. Улан-Удэ, БНЦ СО РАН, 1998, 265 с.

Конников Э.Г. Дифференцированные гипербазит-базитовые комплексы докембрия Забайкалья (петрология и рудообразование). Новосибирск, Наука, 1986, 127 с.

Конников Э.Г. Геологическое строение и рудоносность Чинейского габброидного плутона // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири. Новосибирск, Наука, 1993, с. 130—132.

Конников Э.Г., Игнатович В.И. Платинометалльная минерализация в Забайкалье // Отечественная геология, 1993, № 12, с. 15—19.

Конников Э.Г., Кислов Е.В., Качаровская Л.Н. Новые данные о петрологии и рудоносности Йоко-Довыренского никеленосного плутона // Геология и геофизика, 1988 (3), с. 36—46.

Конников Э.Г., Кислов Е.В., Орсов Д.А. Платиноносные ультрабазит-базитовые массивы Северного Забайкалья // Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири. Новосибирск, 1995, с. 88—108 (Тр. ОИГГМ СО РАН, Вып. 829).

Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Романов А.П., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Канский зеленокаменный пояс и его металлогения. Красноярск, Изд-во КНИИГиМСа, 2003, 133 с.

Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Зеленокаменные пояса юго-западного обрамления Сибирской платформы и их металлогения. Красноярск, Изд-во КНИИГиМСа, 2004, 178 с.

Кузнецов В.А. Геотектоническое районирование Алтае-Саянской складчатой области // Вопросы геологии Азии, Т. 1. М., 1954, с. 202—227.

Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г. Проблемы типизации и генезиса платиноносных зональных массивов, Т. 3. Сыктывкар, Изд-во Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН, 2000, с. 273—274.

Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Платиноносные ультрамафиты Бирюсинского выступа Сибирской платформы, Т. 3. М., Геоинформмарк, 1999, с. 97—106.

Мехоношин А.С., Бурмакина Г.А., Горнова М. А. Геохимия и рудоносность основного и ультраосновного магматизма зеленокаменных поясов юга Сибири // Геохимические типы и рудоносность базит-гипербазитов гранулит-гнейсовых комплексов, зеленокаменных поясов, офиолитов. Иркутск, 1990, с. 97—101.

Ножкин А.Д., Цыпуков М.Ю., Попереков В.А., Смагин А.Н., Ренжин А.В. Сульфидно-никелевое и благороднометалльное оруденение в гранит зеленокаменной области Восточного Саяна // Отечественная геология, 1995, № 6, с. 11—17.

Орсов Д.А., Толстых Н.Д., Кислов Е.В. Минерал состава $PtCu_3$ из хромититов Оспинско-Китойского гипербазитового массива (Вост. Саян) // Зап. ВМО, 2001, № 4, с. 61—71.

Орсов Д.А., Рудашевский Н.С., Крецер Ю.Л., Конников Э.Г. Благороднометалльная минерализация малосульфидного оруденения в Йоко-Довыренском расслоенном массиве (Северное Прибайкалье) // Докл. РАН, 2003, т. 390, № 2, с. 233—237.

Подлипский М.Ю., Кривенко А.П. Новые данные о геологическом строении, составе и формационном типе Кайгадатского массива как коренного источника ферроплатиновой ассоциации в россыпях // Актуальные вопросы геологии и минералогии юга Сибири: Материалы научно-практической конференции. Новосибирск, 2001, с. 126—132.

Подлипский М.Ю., Кривенко А.П. Платино-палладиевая минерализация в хромитовых рудах Калнинского гипербазитового массива (Западный Саян) // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал „Гео“, 2003, с. 261—262.

Подлипский М.Ю., Кривенко А.П., Поляков Г.В. Платинопалладиевый тип оруденения в хромитовых рудах гипербазитов Западного Саяна // Докл. РАН, 2004, т. 396, № 1, с. 98—101.

Поляков Г.В., Кривенко А.П. Современные перспективы платиноносности Южно-Сибирского региона и пути их реализации // Платина России, Т. 5. М., Геоинформмарк, 2004, с. 401—408.

Поляков Г.В., Кривенко А.П., Изох А.Э., Глотов А.И. Медь-никеленосная пикрит-долеритовая формация Зайсан-Гобийской складчатой зоны // Докл. РАН, 1994, т. 336, № 2, с. 229—233.

Поляков Г.В., Кривенко А.П., Изох А.Э., Глотов А.И., Богнибов В.И., Балькин П.А. Малосульфидное платинометалльное оруденение в дифференцированных ультрабазит-базитовых массивах склад-

чатых областей юга Сибири // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М., Геоинформмарк, 1994, с. 139—149.

Поляков Г.В., Балыкин П.А., Чан Чонг Хоа, Нго Тхи Фьонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Куок Хунг, Пономарчук В.А., Лебедев Ю.Н., Киреев А.Д. Эволюция мезозойско-кайнозойского магматизма рифта Шонгда и структур его обрамления (Северо-Западный Вьетнам) // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (6), с. 695—706.

Поляков Г.В., Чан Чонг Хоа, Акимцев В.А., Балыкин П.А., Нго Тхи Фьонг, Хоанг Хыу Тхань, Чан Куок Хунг, Буй Ан Ньен, Толстых Н.Д., Глотов А.И., Петрова Т.Е., Ву Ван Ван. Рудно-геохимическая специализация пермотриасовых ультрамафит-мафитовых комплексов Северного Вьетнама // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (10), с. 1474—1487.

Самородные металлы в гипербазитах Тувы / Л.В. Агафонов, К.С. Кужугет, Ч.К. Ойдул, С.И. Ступаков. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1993, 86 с.

Смолюкин В.Ф., Борисов А.Е., Саргосян М.А. О влиянии состава первичных расплавов на никеленосность базит-гипербазитовых нижнепротерозойских структур // Никеленосность базит-гипербазитовых комплексов Карело-Кольского региона. Апатиты, 1988, с. 15—18.

Толстых Н.Д., Кривенко А.П., Криволицкая Н.А., Гонгальский Б.И., Житова Л.М., Котельникова М.В. Благороднометалльная минерализация сульфидных руд Чинейского плутона // Платина России, Т. 5: Проблемы развития, оценки, воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М., Геоинформмарк, 2004, с. 225—249.

Туркина О.М., Ножкин А.Д., Байнова Г.Б. Источники и условия образования раннепротерозойских гранитоидов юго-западной окраины Сибирского кратона // Петрология, 2006, т. 14, № 3, с. 284—306.

Ультраосновные и основные интрузии Печенги / Н.А. Елисеев, Г.И. Горбунов, Э.Н. Елисеев, В.А. Масленников, К.Н. Уткин. М.; Л., Изд-во АН СССР, 1961, 357 с.

Цыпуков М.Ю., Ножкин А.Д., Бобров В.А., Шипицын Ю.Г. Коматиит-базальтовая ассоциация Канского зеленокаменного пояса (Восточный Саян) // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (8), с. 98—108.

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

Ярошевский А.А., Ионов Д.А., Миронов Ю.В., Коптев-Дворников Е.В., Абрамов А.В., Кривоплясов Г.С. Петрография и петрохимия Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габброноритового плутона (Северное Прибайкалье) // Петрология и рудоносность природных ассоциаций горных пород. М., Наука, 1981, с. 86—116.

Vacuta G.C.Jr., Kay R.W., Gibbs A.K., Lipin B.R. Platinum-group element abundance and distribution in chromite deposits of the Acoje Bloce, Zambales Ophiolite Complex, Philippines // J. Geochem. Explor., 1990, v. 37, p. 113—145.

Berzin N.A. Fragment of Early Hercynian rift structure with ultrabasic volcanism in Caledonides of the North-Western Mongolia // Report № 2 of the IJCP Project 283. Peking, 1991, p. 9—15.

Boven A., Pasteels P., Punzalan L.E., Liu J., Luo X., Zhang W., Guo Z., Hertogen J. ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronological constraints on the age and evolution of the Permo-Triassic Emeishan Volcanic Province, Southwest China // J. Asian Earth Sci., 2002, v. 20, p. 157—175.

Corrivaux L., Laflamme J.H.G. Mineralogie des elements du groupe du platine dans les chromitites de ophiolites de Thetford Mines, Quebec // Can. Miner., 1990, v. 28, p. 579—595.

Glotov A.I., Polyakov G.V., Hoa T.T., Balykin P.A., Akimtsev V.A., Krivenko A.P., Tolstykh N.D., Phuong N.T., Thanh H.H., Hung T.Q., Petrova T.E. The Ban Phuc Ni-Cu-PGE deposit related to the Phanerozoic komatiite-basalt association in the Song Da Rift, northwestern Vietnam // Can. Miner., 2001, v. 39, p. 573—589.

Gunn A.G., Styles M.T. Platinum-group element occurrences in Britain: magmatic, hydrothermal and supergene // Trans. Institution Mining and Metallurgy, sec. B. Applied Earth Sci., 2002, v. 111, B2—B14.

Hanski E., Walker R.J., Huhma H., Polyakov G.V., Balykin P.A., Hoa T.T., Phuong N.T. Origin of the Permian-Triassic komatiites, northwestern Vietnam // Contr. Miner. Petrol., 2004, v. 147, № 4, p. 453—469.

Heaman L.M., Machado N., Krogh T.E., Weber W. Precise U-Pb zircon ages for the Molson dyke swarm and the Fox River sill; constraints for Early Proterozoic crustal evolution in northeastern Manitoba, Canada // Contr. Miner. Petrol., 1986, v. 94, № 1, p. 82—89.

Hoatson D.M. Platinum-group element mineralisation in Australian Precambrian layered mafic-ultramafic intrusions // AGSO J. Australian Geol. and Geophys., 1998, v. 17, № 4, p. 139—151.

Izokh A.E., Agafonov L.V., Borisenko A.S., Tolstykh N.D., Slytzker E.M., Babich V.V., Lobanov K.V., Govergovskiy V.A. Kuznetsk Alatau-Altai platinum-bearing belt in West Altai-Sayan fold region (Russia—West Mongolia) // Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of

active continental margins: Proceed. Interim IAGOD Conf., Vladivostok, 1—20 September 2004. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 350—352.

Moreno T., Prichard H.M., Lunar R., Monterrubio S., Fisher P. Formation of a secondary platinum-group mineral assemblage in chromitites from Herberia ultramafic massif in Cabo Oregall, NW Spain // *Eur. J. Miner.*, 1999, v. 11, p. 363—378.

Naldrett A.J. Magmatic sulfide deposits. *Geology, geochemistry and exploration*. Springer Verlag Heidelberg, 2004, 728 p.

Nikishin A.M., Ziegler P.A., Abbott D., Brunet M.F., Cloetingh S. Permo-Triassic interplate magmatism and rifting in Eurasia: implications for mantle plumes and mantle dynamics // *Tectonophysics*, 2002, v. 351, Iss. 1—2, p. 3—39.

Pedersen R.B., Johannesen G.M., Boyd R. Stratiform platinum-group elements mineralizations in the ultramafic cumulates of the Leka Ophiolite Complex, Central Norway // *Econ. Geol.*, 1993, v. 88, p. 782—803.

Polyakov G.V., Nguyen Trong Yem., Tran Trong Hoa, Ngo Thi Phuong, Izokh A.E., Balykin P.A., Glotov A.I. Ultramafic-mafic igneous formations of Northern Viet Nam (review of the study of Institute of Geology, SB RAS and Institute of Geological Sciences, NCNST of SRV, 1983—2003) // *J. Geol. (Dpt. Geol. & Minerals of Viet Nam, Ha Noi), Series B, № 23 (Sp. Issue)*, 2004, p. 3—12.

Prichard H.M., Neary C.R., Potts P.J. Platinum-group minerals in the Shetland ophiolite // *Metallogeny of basic and ultrabasic rocks*. London, Inst. Mining and Metallurgy, 1986, p. 394—414.

Scoates R.F.J., Eckstrand O.R. Platinum-group elements in the upper central layered zone of the Fox River Sill, northeastern Manitoba // *Econ. Geol. Bull. Soc. Econ. Geol.*, 1986, v. 81, № 5, p. 1137—1146.

Song X.Y., Zhou M.F., Cao Z.M., Sun M., Wang Y.L. Ni-Cu-(PGE) magmatic sulfide deposits in the Yangliuping area, Permian Emeishan Igneous province, SW China // *Miner. Depos.*, 2003, v. 38, № 7, p. 831—843.

Yang K. and Seccombe P.K. Platinum-group minerals in the chromitites from the Great Serpentinite Belt, NSW, Australia // *Miner. Petrol.*, 1993, v. 47, p. 263—286.

Zhao G.C., Cawood P.A., Wilde S.A., Sun M. Review of global 2.1—1.8 Ga orogens: implications for a pre-Rodinia supercontinent // *Earth Sci. Rev.*, 2002, v. 59, Iss. 1—4, p. 125—162.

Zhong H., Zhou X.Y., Zhou M.F., Sun M., Liu B.G. Platinum-group element geochemistry of the Hongge Fe-V-Ti deposit in the Pan-Xi area, southwestern China // *Miner. Depos.*, 2002, v. 37, Iss. 2, p. 226—239.

*Поступила в редакцию
23 июня 2006 г.*