

А

**СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА**

Основан в январе 1960	Периодичность 12 раз в год	Том 51, № 9	Сентябрь 2010
--------------------------	-------------------------------	-------------	------------------

Специальный выпуск

**КРУПНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ АЗИИ,
МАНТИЙНЫЕ ПЛЮМЫ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ**

Предисловие	1155
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	1159
Жао Дапенг, Пирайно Франко, Лиу Люси Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами	1188
Коваленко В.И., Ярмолук В.В., Богатилов О.А. Новейший вулканизм и его связь с процессами межплитного литосферного взаимодействия и глубинной геодинамикой	1204
Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Эрнст Р., Мазукабзов А.М., Писаревский С.А., Ухова Н.А. Фанерозойский базитовый магматизм южного фланга Сибирского кратона и его геодинамическая интерпретация	1222
Лазаренков В.Г. Щелочные плюмы континентов и океанов	1240
Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю Д.И., Ларионов А.Н., Пресняков С.Л., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования)	1249
Симонов В.А., Клец А.Г., Ковязин С.В., Ступаков С.И., Травин А.В. Физико-химические условия плюмового магматизма Западной Сибири	1277
Патон М.Т., Иванов А.В., Фиорентини М.Л., МакНаугтон Н.Ж., Мудровская И., Резницкий Л.З., Демонтерова Е.И. Позднепермские и раннетриасовые магматические импульсы в Ангари-Тасеевской синклинали, южно-сибирские траппы и их возможное влияние на окружающую среду	1298
Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Федосеев Г.С., Рейков М., Дэвис К., Бабин Г.А. Пермотриасовый плюмовый магматизм Кузнецкого бассейна (Центральная Азия): геология, геохронология и геохимия	1310
Шарапов В.Н., Томиленко А.А., Перепечко Ю.В., Чудненко В.К., Мазуров М.П. Физико-химическая динамика развития флюидных надстеносферных систем под Сибирской платформой	1329
Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля	1356
Третьякова И.Г., Борисенко А.С., Лебедев В.И., Павлова Г.Г., Говердовский В.А., Травин А.В. Возрастные рубежи формирования кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его корреляция с магматизмом	1379

SIBERIAN BRANCH
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

SCIENTIFIC JOURNAL
GEOLOGIYA I GEOFIZIKA

Founded in January 1960	Monthly	Vol. 51, № 9	September 2010
----------------------------	---------	--------------	-------------------

Special Issue

**LARGE IGNEOUS PROVINCES OF ASIA:
MANTLE PLUMES AND METALLOGENY**

Preface	1155
Dobretsov N.L., Borisenko A.S., Izokh A.E. and Zhmodik S.M. A thermochemical model of Eurasian Permo-Triassic mantle plumes as a basis for prediction and exploration for Cu-Ni-PGE and rare-metal ore deposits.....	1159
Zhao Dapeng, Pirajno Franco, and Liu Lucy. Mantle structure and dynamics under East Russia and adjacent regions.....	1188
Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., and Bogatkov O.A. Recent volcanism in relation to plate interaction and deep-level geodynamics	1204
Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Ivanov A.V., Ernst R., Mazukabzov A.M., Pisarevsky S.A., and Ukhova N.A. Phanerozoic mafic magmatism in the southern Siberian craton: geodynamic implications	1222
Lazarenkov V.G. Alkaline plumes of continents and oceans	1240
Tsygankov A.A., Litvinovsky B.A., Jahn B.M., Reichow M., Liu D.Y., Larionov A.N., Presnyakov S.L., Lepekhina Ye. N., and Sergeev S.A. Sequence of magmatic events in the Late Paleozoic of Transbaikalia, Russia (U-Pb <i>isotope data</i>).....	1249
Simonov V.A., Klets A.G., Kovyazin S.V., Stupakov S.I., and Travin A.V. The physicochemical conditions of early plume magmatism in West Siberia.....	1277
Paton M.T., Ivanov A.V., Fiorentini M.L., McNaughton N.J., Mudrovskaya I., Reznitskii L.Z., and Demanterova E.I. Late Permian and Early Triassic magmatic pulses in the Angara-Taseeva syncline, southern Siberian Traps and their possible influence on the environment.....	1298
Buslov M.M., Safonova I.Yu., Fedoseev G.S., Reichow M., Davies C., and Babin G.A. Permo-Triassic plume magmatism in the Kuznetsk Basin (<i>Central Asia</i>): geology, geochronology, and geochemistry	1310
Sharapov V.N., Tomilenko A.A., Perepechko Yu.V., Chudnenko V.K., and Mazurov M.P. The physicochemical dynamics of evolution of fluid above-asthenosphere systems beneath the Siberian Platform	1329
Spiridonov E.M. Ore-magmatic systems of the Noril'sk ore field.....	1356
Tret'yakova I.G., Borisenko A.S., Lebedev V.I., Pavlova G.G., Goverdovskii V.A., and Travin A.V. Cobalt mineralization in the Altai-Sayan orogen: age and correlation with magmatism	1379

SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
NOVOSIBIRSK

© Сибирское отделение РАН, 2010
© ИГМ СО РАН, 2010
© ИНГГ СО РАН, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из наиболее актуальных и фундаментальных проблем внутриплитной эндогенной геологии Земли является динамика термохимического и динамического взаимодействия литосферная континентальная плита–верхняя мантия. Ее содержательная конкретизация стала приобретать геодинамические формы после появления понятий «плюм-тектоника» [Maquama, 1994] и «крупные изверженные провинции» (LIP) [Coffin, Eldholm, 1994]. Международные симпозиумы «Крупные магматические провинции Азии: мантийные плюмы и металлогения», прошедшие в Новосибирске в 2007, 2009 гг., отразили полученные в этих областях как накопленную геологическую и геофизическую информацию, так и новый аспект в существующих дискуссиях – металлогению LIP.

В августе 2009 г. на базе Института геологии и минералогии СО РАН проходил Второй Международный симпозиум и была проведена полевая экскурсия по месторождениям Хакасии и Тувы (Абаза, Ак-Довурак, Хову-Аксы, Кызыл-Таштып). Более 100 специалистов по магматизму, геодинамике и металлогении приняли участие в симпозиуме. Среди них были иностранные ученые из Австралии, Канады, Великобритании, Германии, Японии, Вьетнама, Казахстана, Киргизии и других стран.

В предлагаемом вниманию читателей специальном выпуске журнала «Геология и геофизика» помещены статьи, основанные на докладах на прошедшем симпозиуме и касающиеся теоретических вопросов моделирования процессов зарождения, развития и «отмирания» мантийных плюмов (статьи Н.Л. Добрецова и др., В.Н. Шарапова и др.), связи внутриплитного магматизма с погребенными слэбами зон субдукции (В.И. Коваленко и др., Д. Жао и др., Д.П. Гладкочуб и др., М.Т. Патон и др.), длительности и дискретности возрастов формирования крупных магматических провинций Азии (Н.Л. Добрецов и др., М.М. Буслов и др., А.А. Цыганков и др., В.А. Симонов и др.), специфики металлогении LIP (Н.Л. Добрецов и др., Э.М. Спиридонов, И.Г. Третьякова и др.).

На конференции обсуждались проблемы глубинной геодинамики как с использованием экспериментального и численного моделирования, так и высокоточной сейсмотомографии. Во многих докладах обсуждались проблемы диагностики плюмового магматизма и связи магматизма и металлогении крупных изверженных провинций на примерах Сибири, Китая, Вьетнама и Казахстана. Следует отметить, что во многих докладах приведены новые геохронологические данные по магматизму и оруденению. В частности, в докладах Н.Л. Добрецова с соавторами, В.В. Дистлера и К.Н. Малича приведены новые данные по U-Pb (SHRIMP-II) и Ar-Ag датированию магматических пород и оруденения Норильского района, Каменской провинции, Новосибирскому Приобью, Алтаю, Кузбассу и другим районам в ареале Сибирской LIP, которые позволили существенно уточнить длительность развития Сибирского суперплюма и выделить три основных этапа в формировании крупных изверженных провинций, в том числе и регрессивный, что согласуется с моделью развития термохимических плюмов. Ранний этап (около 260 млн лет) подтверждается и в других публикациях спецвыпуска и соответствует главному этапу Эмейшаньского плюма, что сближает историю развития последнего с Сибирским плюмом.

Своеобразие магматизма областей влияния мантийных плюмов и связанных с ними крупных магматических провинций неизбежно определяет специфику их металлогении. Показано, что в контурах LIP проявлен широкий комплекс эндогенного оруденения, который включает Cu-Ni-Pt, Ni-Co-As, Cu-Mo(Au) порфиоровое, Mo-W, Sb-Hg, Au-Hg, Ag-Sb и другие типы месторождений, синхронизированных по времени формирования с проявлениями плюмового магматизма. Однако наиболее тесные пространственно-временные и генетические связи такого магматизма выявляются для Cu-Ni-Pt, Ni-Co-As, Sb-Hg, Au-Hg и Ag-Sb оруденений. На примерах Сибирского, Таримского, Эмейшаньского и Центрально-Европейского плюмов в статье Н.Л. Добрецова с соавторами впервые показана специфика металлогении LIP и ее отличия от металлогении других геодинамических обстановок (субдукционных, островодужных, рифтогенных и др.).

В статье В.И. Коваленко, В.В. Ярмолюка и О.А. Богатикова представлены результаты анализа пространственного распределения новейшего (менее 2 млн лет) вулканизма Земли, связи его с эволюцией современного суперконтинента Северная Пангея и пространственным распределением горячих точек мантии. Вслед за работой [Maquama, 2007] предполагается, что продолжительная устойчивая

субдукция литосферных плит под Евразию, а также под Северную Америку не только способствовала интенсивному вулканизму островных дуг и активных континентальных окраин, но и привела к накоплению холодного литосферного материала в глубокой мантии, замещению им горячей глубинной мантии и отжатию последней к краям суперконтинента, а затем подъему этого материала вверх в виде мантийных плюмов. В отличие от модели Н.Л. Добрецова с соавторами [2006] и А.Г. Кирдяшкина и др. [2005] источником тепла и вещества предполагается рециклинг океанической литосферы, а не перепад температур и обмен веществом на границе ядро–мантия.

В работе Д.П. Гладкочуба с соавторами показано, что для южного фланга Сибирского кратона обосновано выделение трех основных этапов плюмового фанерозойского базитового магматизма (500, 275–290, 240–245 млн лет). Первое событие фиксируется дайками долеритов (500 млн лет), внедрение которых происходило на фоне аккреционно-коллизийных событий, связанных с начальными этапами становления Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП). Позднепалеозойский этап базитового магматизма фиксируется дайками с возрастом около 275 млн лет, их внедрение связывается с процессами растяжения, имевших место в тылу активной окраины Сибирского континента на фоне субдукции под нее коры Монголо-Охотского океана. Трапповый магматизм раннего мезозоя на юге Сибирского кратона проявлен многочисленными базитовыми интрузиями Ангара-Тасеевской синеклизы с возрастaми 240–245 млн лет, хотя в статье М.Т. Патона и др. обосновывается U-Pb возраст – 254–260 и 249.6 млн лет тех же силлов. Предполагается, что образование траппов происходило при взаимодействии вещества нижнемантийного плюма с материалом слэба Монголо-Охотского океана. Более молодые возрасты траппов по сравнению с выше рассмотренными базитами позднего палеозоя (290–275 млн лет) отражают прогрессирующее продвижение слэба под южной окраиной Сибирского кратона (в северо-западном направлении в современных координатах), прекратившееся, по-видимому, после достижения слэбом области распространения вещества Сибирского суперплюма. Следует отметить, что выделенные авторами возрастные рубежи проявления базитового магматизма в большей мере отвечают этапам формирования трех крупных магматических провинций: раннепалеозойской (500±10 млн лет) [Izokh et al., 2007; Врублевский и др., 2009], Таримской (285–275 млн лет) [Борисенко и др., 2006] и Сибирской (260–245 млн лет.), связанных с соответствующими мантийными плюмами, а модель взаимодействия с предполагаемым слэбом вызвала серьезные замечания рецензентов.

Д. Жао с соавторами представили сейсмотомографические модели строения мантии Северо-Восточной Азии и обсудили геодинамические следствия. Результаты мантийной томографии показывают, что поддвигаемый Тихоокеанский слэб становится неподвижным в переходной зоне мантии под Западной Аляской, Беринговым, Охотским, Японским морями и Северо-Восточной Азией. В этих областях существует множество внутриплитных вулканов, которые локализуются над зонами низких скоростей в верхней мантии поверх застойного слэба. Это позволяет предположить наличие связи между внутриплитными вулканами и динамическими процессами в пределах крупного мантийного клина над застойным слэбом и глубинную дегидратацию последнего, что согласуется с построениями В.И. Коваленко и др. В то же время высокоразрешающая региональная томография выявила низкоскоростную аномалию, которая фиксируется под Байкальской рифтовой зоной вплоть до глубины 600 км и может представлять Байкальский плюм, не связанный со слэбом. Для решения вопросов о глубинности современных плюмов необходимы дополнительные работы по развертыванию сетей стационарных или мобильных сейсмостанций в Евразийском континентальном сегменте, а также установка донных сейсмометров в акваториях окраинных морей с целью установления детальной 3-мерной структуры коры и мантии под территорией России и прилегающих регионов. Это существенно улучшит наши представления о сейсмотектонике, вулканизме и динамике мантии в этой обширной и сложной тектонической среде.

В работе В.Н. Шарапова с соавторами предложена математическая модель двухскоростной неизотермической динамики взаимодействия конвектирующая верхняя мантия–многослойная литосфера с локальными проницаемыми зонами. Эта модель представляет попытку объединить модели конвекции и плюмов, хотя геолого-геофизические и начальные условия требуют уточнения. На основе статистической обработки базы данных валовых составов флюидов из мантийных пород под алмазонасными кратонами Сибирской платформы и метаморфических пород гранулитовой и амфиболитовой фаций земной коры обсуждаются проблемы задания начальных и граничных условий для описания процессов динамики конвективного плавления в проницаемых зонах над астенотинизмами.

В работе М.Т. Патона и др. для двух долеритовых силлов были получены датировки по цирконам U-Pb SHRIMP методом: 254.2 ± 2.3 и 249.6 ± 1.5 млн лет, хотя в первой датировке выделяется более древняя генерация цирконов с возрастом 260 млн лет. Первая датировка согласуется в пределах ошибки с ранее опубликованным возрастом долеритовых силлов [Svensen et al., 2009], а вторая – с U-Pb датировками, полученными для лав и интрузий северной части площади развития сибирских траппов [Kamo et al., 2003]. Новые датировки соответствуют внутрипермским рубежам (Cahngshingian/Wuchiapingian и Spathian/Smithian). Анализ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb SHRIMP датировок, опубликованных для юго-восточной

части провинции сибирских траппов [Ivanov et al., 2005; 2009; Vernikovskaya et al., 2009], показывает, что на рубежах Анишьянь/Спатьянь, поздний/средний Анишьянь и Ландиань/Анишьянь соответственно, по-видимому, имели место три другие импульса магматизма. Таким образом, возможно, модель ВСГ применима также к более мелкомасштабным эпизодам исчезновения и возрождения биоты, приуроченным к пермтриасовому вымиранию биологических видов.

В статье А.А. Цыганкова и др. приведено обобщение современных U-Pb геохронологических данных по Ангаро-Витимскому батолиту в Забайкалье. Показано, что гранитоидный магматизм в этом сегменте ЦАСП сформировался за 55—60 млн лет с 330 до 275 млн лет. Основной объем гранитоидов приходится на поздний карбон — раннюю пермь (305—276 млн лет). Авторы статьи рассматривают гранитоиды этого этапа как постколлизийные, тогда как, по нашему мнению, они по времени совпадают с проявлениями Таримского плюма (см. статью Н.Л. Добрецова и др. в настоящем спецвыпуске). В составе Ангаро-Витимского батолита фиксируются раннетриасовые гранитоиды, которые можно связывать с завершающим этапом Сибирской изверженной провинции.

В статье М.М. Буслова и др. приведены оригинальные геохронологические и геохимические данные для траппов Кузнецкого бассейна. Выявлено, что они представлены силлами с возрастом в 250—248 млн лет, т.е. синхронными с траппами Сибирского кратона и рифтогенного магматизма Западной Сибири. Показано, что толеитовые базальты Кузбасса близки по составу к раннетриасовым базальтам сыверминской свиты сибирских траппов из Уренгойского рифта Западно-Сибирского бассейна и триасовым базальтам Северо-Монгольской рифтовой системы. Резкая смена мощности и фациальная изменчивость позднепермско-среднетриасовых пород Кузнецкого бассейна свидетельствует об их формировании в структуре растяжения, вероятно, в единой геодинамической обстановке с рифтогенными структурами Южного Урала, Северной Монголии и фундамента Западно-Сибирского бассейна.

В статье В.А. Симонова с соавторами рассмотрены условия формирования базальтовых пород, отобранных из керна параметрической скважины Майзасская-1, расположенной в Нюрольской структурно-фациальной зоне Западной Сибири. Комплексные петролого-геохимические и изотопные исследования образцов магматических пород, отобранных из скв. Майзасская-1, свидетельствуют о преобладании в разрезе долеритовых силлов, формирование которых происходило около 263 ± 4 млн л. н. в ходе кристаллизации базальтового расплава в интрузивных межпластовых камерах. Это отвечало начальному этапу проявления Сибирского суперплюма и соответствует раннему этапу модели развития термохимического плюма. Исследования расплавных включений позволили установить условия генерации из мантийного субстрата первичных расплавов: температура — до 1570 °C, глубины — до 105–120 км и параметры кристаллизации долеритов скв. Майзасская-1 — 1130–1155 °C, давление до 1.5–2 кбар. Полученные результаты позволяют связать образование рассмотренных базальтовых комплексов Западной Сибири с действием мантийного плюма и подъемом области магмогенерации, что привело к расколу древней коры и развитию рифтогенеза. В наиболее крупных рифтах происходило формирование фактически коры океанического типа.

В работе В.Г. Лазаренкова приведено сравнение рядов щелочных формаций континентов и океанов. Предполагается, что источником щелочных плюмов было жидкое ядро под континентами, реже — под океанами. Анализ пространственного размещения щелочных комплексов с позиций плюм-магматической гипотезы позволяет предполагать, что зональность и латеральная миграция щелочных магматических центров в щелочных провинциях определялась миграцией щелочного плюма (мультиплюма) и его производных (щелочно-базальтового, щелочно-ультраосновного, карбонатитового, кимберлитового и др.). В химической истории щелочного плюм-магматизма отчетливо прослеживаются две составляющие. Первая — фойдафильная, устойчиво присутствующая во всех магматических и метасоматических горных породах разных щелочных комплексов (Na, K, Li, Ce, P3Э). Они представляют ту важную часть плюма, которая, вероятно, отделялась от жидкого ядра. Вторая — петрогенная, мантийно-литосферная, возникшая в надастеносферной зоне в ходе процессов дифференциации и ассимиляции плюмовых и литосферных источников при подъеме плюма к поверхности Земли.

Э.М. Спиридонов рассмотрел рудно-магматические системы Норильского рудного поля. В работе приведен обзор данных по магматическим сульфидным рудам Норильского и Талнахского рудных узлов и показано поведение ЭПГ при их кристаллизации. Кроме того, представлены данные по другим типам оруденения, связанного с эволюцией трапповых интрузивов (пневматолитовой Ag-Au-Pt-Pd и эпигенетической метаморфогенно-гидротермальной минерализации). Показано, что исходный глубинный источник всех рудно-магматических систем Норильского рудного поля — единый мантийный. Столь же несомненно, что промежуточные глубокозалегающие магматические очаги для Норильского и Талнахского рудных узлов были различными. Для реализации Pt-Pd потенциала гипербазит-базитовых магм необходимо, чтобы произошли процессы их контаминации коровым материалом.

В статье И.Г. Третьяковой с соавторами для западной части Алтае-Саянской складчатой области обосновано выделение четырех этапов проявления гидротермального кобальтового оруденения: ранне-

девонский (D_1), позднедевонско-раннекарбоновый (D_3-C_1), пермотриасовый (P_2-T) и раннемеловой (K_1), которые отвечают соответствующим возрастным рубежам масштабного развития базитового и щелочно-базитового магматизма, связанного с мантийными плюмами. По данным геологических и изотопно-геохронологических исследований в контурах конкретных кобальтоносных узлов (Абаканский, Хову-Аксынский, Юстыдский, Актепинский и др.) установлена хронология развития процессов магматизма и рудообразования, выявлен многоэтапный характер их проявления и установлена возрастная корреляция кобальтового оруденения с базитовыми, щелочно-базитовыми и гранитоидными комплексами. Данными по изотопному составу гелия обосновано участие мантийных флюидов в формировании кобальтовых месторождений и их связь с мантийными очагами базитовых и щелочно-базитовых расплавов ($^3\text{He}/^4\text{He} = 1.75-7.07 \cdot 10^{-6}$). Обоснован стадийно-фациальный характер эндогенной зональности кобальтовых месторождений, кобальтоносных рудных узлов и зон с высокотемпературным Co-As и низкотемпературным Ni-Co-As оруденением.

Редакторы надеются, что представленные статьи содержат новые важные материалы и дискуссионные моменты, которые будут способствовать прогрессу в понимании плюмовой геодинамики и металлогении.

ЛИТЕРАТУРА

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

Врублевский В.В., Изох А.Э., Поляков Г.В., Гертнер И.Ф., Юдин Д.С., Крупчатников В.И. Раннепалеозойский щелочной магматизм Горного Алтая: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -геохронологическое свидетельство комплекса эдельвейс // Докл. РАН, т. 247, № 1, 2009, с. 96–101.

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.А., Кирдяшкин А.Г., Гладков И.Н., Сурков Н.В. Параметры горячих точек и термохимических плюмов в процессе подъема и излияния // Петрология, 2006, т. 14, № 5, с. 508–523.

Кирдяшкин А.А., Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Гладков И.Н., Сурков Н.В. Гидродинамические процессы при подъеме мантийного плюма и условия формирования канала излияния // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 891–907.

Coffin M.F., Eldholm O. Large Igneous Provinces – crustal structure, dimensions, and external consequences // Rev. Geophys., 1994, v. 32, № 1, p. 1–36.

Ivanov A.V., Rasskazov S.V., Feoktistov G.D., He H., Boven A. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Usol'skii sill in the southeastern Siberian traps large igneous province: evidence for long-lived magmatism // Terra Nova, 2005, v. 17, p. 203–208.

Ivanov A.V., He H., Yang L., Nikolaeva I.V., Palesskii S.V. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of intrusive magmatism in the Angara-Taseevskaya syncline and its implication for duration of magmatism of the Siberian traps // J. Asian Earth Sci., 2009, v. 35, p. 1–12.

Izokh A.E., Polyakov G.V., Shelepaev R.A., Vrublevsky V.V., Egorova V.V., Lavrenchuk A.V., Borodina E.V., Oyunchimeg T. Early Paleozoic large igneous province of the Central Asia mobile belt // Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny: Abstracts of the International Symposium, Novosibirsk, 13–16 August 2007. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2007, p. 30–32.

Kamo S.L., Czamanske G.K., Amelin Yu., Fedorenko V.A., Davis D.W., Trofimov V.R. Rapid eruption of Siberian flood-volcanic rocks and evidence for coincidence with the Permian-Triassic boundary and mass extinction at 251 Ma // Earth Planet. Sci. Lett., 2003, v. 214, p. 75–91.

Maruyama S. Plume tectonics // Geol. Soc. Japan. 1994, v. 100, № 1, p. 24–34.

Maruyama S., Santosh M., Zhao D. Superplume, supercontinent and postperovskite: mantle dynamics and anti-plate tectonics on the core-mantle boundary // Gondwana Res., 2007, v. 11, p. 7–37.

Svensen H., Planke S., Polozov A.G., Schmidbauer N., Corfu F., Podladchikov Y.Y., Jamtveit B. Siberian gas venting and the end-Permian environmental crisis // Earth Planet. Sci. Lett., 2009, v. 277, p. 490–500.

Vernikovskaya A.E., Matushkin N.Yu., Vernikovskiy V.A., Romanova I.V., Berezhnaya N.G., Larionov A.N., Travina A.V. Phanerozoic continental intraplate magmatism at South Enisei Kryazh: First geochemical and geochronological data // Geodynamic evolution of lithosphere of the Central-Asian mobile belt (from ocean to continent) / Ed. E.V. Sklyarov. Proceedings of scientific meeting for integration program of Earth Science Division of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2009, v. 1, № 7, p. 53–55 (In Russian).

Н.Л. Добрецов, Ф. Пирайно, А.С. Борисенко, А.Э. Изох

ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРМОТРИАСОВЫХ МАНТИЙНЫХ ПЛЮМОВ ЕВРАЗИИ КАК ОСНОВА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ, БЛАГОРОДНО- И РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н.Л. Добрецов, А.С. Борисенко, А.Э. Изох, С.М. Жмодик

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

Четыре стадии термохимического взаимодействия плюма и литосферы, формирующего грибовидную форму плюма с широкой «шляпой» (особенно четвертая, регрессивная фаза охлаждения) играют важную роль в металлогении. На основе анализа термохимической модели мантийных плюмов, а также новых геологических и изотопно-геохронологических данных по магматизму и оруденению Сибирской, Таримской, Эмешаньской, Центрально-Европейской и других крупных изверженных провинций (LIP) установлено, что главными чертами, определяющими специфику металлогении ареалов LIP, являются: 1) развитие своеобразного комплекса оруденения, включающего — магматическое Cu-Ni-Pt и Fe-Pt; гидротермальное Ni-Co-As (\pm Ag, U, Au), Au-As, Ag-Sb, Au-Hg, Sb-Hg и стратиформное Cu (медистые песчаники и сланцы, обогащенные Co, Ni, Ag, Pt); 2) ареально-очаговый характер размещения оруденения (в отличие от линейно-поясового для субдукционных и рифтогенных обстановок); 3) зональное распределение разных типов оруденения относительно центров LIP: преимущественная локализация Cu-Ni-Pt, Fe-Pt и стратиформного Cu в центральных их зонах, а гидротермального — в периферических частях LIP; 4) высокая синхронизация по времени формирования каждого из типов оруденения в ареалах крупных магматических провинций, а также временная сопряженность Cu-Ni-Pt, Ni-Co-As и Au-As, локализованных в разных зонах LIP; 5) отчетливая корреляция разных типов оруденения с определенными этапами проявления базитового, щелочно-базитового и гранитоидного магматизма; 6) единая последовательность формирования разных типов оруденения; 7) зависимость масштабов развития оруденения от объемов LIP и мощности плюмов.

Выявленные особенности локализации разных типов оруденения в ареалах LIP, его возрастные и генетические связи с определенными типами магматизма, своеобразие геологических обстановок формирования оруденения являются основой для разработки комплекса геологических, магматических, литологических и геохимических критериев прогноза и оценки перспектив выявления новых промышленных объектов в ареалах LIP

Мантийные плюмы, металлогения, термохимическая модель, геохронология, Ar-Ar, U-Pb, магматизм, Евразия.

A THERMOCHEMICAL MODEL OF EURASIAN PERMO-TRIASSIC MANTLE PLUMES AS A BASIS FOR PREDICTION AND EXPLORATION FOR Cu-Ni-PGE AND RARE-METAL ORE DEPOSITS

N.L. Dobretsov, A.S. Borisenko, A.E. Izokh, and S.M. Zhmodik

Four stages of the thermochemical plume—lithosphere interaction generating a broad mushroom-like head of plume and especially fourth regressive cooling phase have the important role for metallogeny. The analysis of a thermochemical plume model together with recent geological and geochronological data on magmatic ore systems in the Siberian, Tarim, Emeishan, Central European, and some other large igneous provinces (LIPs) enabled the following characteristics of the metallogeny in large igneous provinces to be revealed: (1) the specific combination of mineralization types, which include magmatic Cu-Ni-Pt and Fe-Pt, hydrothermal Ni-Co-As (\pm Ag, U, Au), Au-As, Ag-Sb, Au-Hg, Sb-Hg, and stratiform Cu (copper-bearing sandstones and shales enriched in Co, Ni, Ag, Pt); (2) the areal or spot-like pattern of the location of mineralization types (opposed to the linear-belt localization in subduction and rift settings); (3) the zoned distribution of mineralization types relative to LIP centers, with Cu-Ni-Pt, Fe-Pt and stratiform Cu mineralization localized in a LIP center, and hydrothermal mineralization bound to a LIP periphery; (4) the essential contemporaneity of the formation of each mineralization type in LIPs, and the existence of coeval but spatially separated Cu-Ni-Pt, Ni-Co-As, and Au-As deposits; (5) the close linkage between different mineralization types and particular pulses of mafic, alkaline mafic, and felsic magmatism; (6) the unified succession of ore-forming events; (7) the close relationship between the extent of mineralization and LIP igneous volumes, which, in turn, depend on the plume heat power.

The major characteristics of localization of different mineralization types within LIPs, the timing and genetic relationships between mineralization and types of magmatism, as well as specific geological controls on ore formation provide a basis for establishing new geological, magmatic, lithological, and geochemical criteria crucial for predicting and targeting new mineralization within LIPs.

Mantle plumes, metallogeny, thermochemical model, geochronology, Ar-Ar, U-Pb, magmatism, Eurasia