

Геодинамические обстановки и металлогения Саяно-Байкальской горной области

И.В.ГОРДИЕНКО, А.Н.БУЛГАТОВ, Д.А.ОРСОВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН); 670047, г.Улан-Удэ, ул.Сахьяновой, д.6а)

Произведен террейновый анализ на основе обобщения структурно-геологических, петролого-геохимических, изотопно-геохронологических и палеомагнитных данных, составлена геодинамическая карта, на которой выделены разнообразные геодинамические обстановки формирования тектонических структур региона в течение рифея, палеозоя и мезозоя. Установлено, что каждой геодинамической обстановке свойственно совершенно определенное тектоническое строение, ансамбль магматических и метаморфических комплексов и связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: геологическое строение, геодинамические обстановки, металлогения, месторождения полезных ископаемых.

Гордиенко Иван Власович, gord@pres.bscnet.ru

Булгатов Александр Николаевич, magma@gin.bscnet.ru

Орсов Дмитрий Анатольевич, magma@gin.bscnet.ru

Geodynamics of Settings and Metallogenics of the Sayan-Baikal mountains region

I.V.GORDIENKO, A.N.BULGATOV, D.A.ORSOEV

On the basis of structural, petrological, geochemical, isotopic, geochronological and paleomagnetic data a terrain analysis and geodynamic mapping was carried out. Different geodynamic situations of tectonic structures formation during Late Poterozoic, Paleozoic and Mesozoic are marked on the map. Each geodynamic situation is characterized by specific tectonic structure, magmatic and metamorphic assemblages and related mineral deposits.

Key words: geological structure, geodynamics of settings, metallogenics, deposits mineral reources.

Одна из важнейших фундаментальных задач современной геологии — разработка научно-обоснованных критериев прогнозной оценки территорий на различные виды полезных ископаемых. Прогресс в этой области в первую очередь зависит от дальнейшей разработки принципов тектонического районирования территорий, познания общих закономерностей их эволюции, широкого применения палеорекоконструкций на период рудообразования с использованием современных методов тектоники литосферных плит и глубинной геодинамики. Известно, что особенности состава магматических пород позволяют довольно точно решать вопросы о характере прошлых границ литосферных плит и определять типы палеогеодинамических обстановок, которые тогда существовали, тем самым выявлять зоны активного магматизма и рудообразования в прошлые геологические эпохи. Определяя тип геодинамической обстановки, можно, по аналогии с другими регионами, сформированными в сходных геодинамических условиях, предсказывать металлогеническую характеристику конкретной территории. В этом заключается главный смысл палеогеодинамических рекон-

струкций в применении к задачам прогнозно-металлогенических исследований.

Данное исследование направлено на оценку минерального сырья в различных геодинамических обстановках огромной территории Восточной Сибири, а именно, Саяно-Байкальской горной области, включающей восточную часть Восточного Саяна, Северное и Восточное Прибайкалье, Южное и Западное Забайкалье в основном в пределах административных границ субъекта Российской Федерации — Республики Бурятия, общей площадью 350 тыс.км². Данная территория — одна из уникальных рудных провинций Центральной Азии. Геологоразведочными работами на территории Бурятии выявлено 600 месторождений полезных ископаемых, из них более 400 учтено государственным балансом. Здесь открыты наиболее крупные в России колчеданно-полиметаллические, редкометалльные и урановые месторождения. В Бурятии сосредоточено 48 балансовых запасов цинка и 24% свинца Российской Федерации. Запасы вольфрамовых руд Бурятии составляют 27% от всех разведанных запасов и 15% от их добычи в России. Доля Бурятии в разведанных запасах молибденовых руд

России 37%, причем 20% запасов представлены самыми высококачественными рудами. Разведанные запасы урана по категории С₂ только по двум месторождениям (Хиагда и Верхне-Имское) составляют 64 тыс.т, прогнозные — 140 тыс.т. Сводными запасами учтено 218 рудных и россыпных месторождений золота (13 рудных, 200 россыпных и 6 комплексных). Кроме того, имеются другие объекты стратегического минерального сырья (4 месторождения бериллия, 2 — олова, 3 — хризотил-асбеста, 3 — особо чистого кварцевого сырья, а также тантала, ниобия, платины, никеля, марганца, титана, скандия, серебра, стронция, редких земель иттриевой группы и др.). Практически они составляют значительную часть минерально-сырьевой базы страны. Естественно, что весь этот огромный потенциал должен работать на модернизацию экономики, обороноспособности и национальной безопасности России, в т.ч. на развитие Республики Бурятия.

Сотрудниками лаборатории геодинамики совместно с другими специалистами института получен существенный задел по геологическому строению, магматизму, рудоносности и геодинамической эволюции палеозойских структур на территории Восточного Саяна, Западного Забайкалья, Южного Прибайкалья и Северной Монголии. В частности обосновано выделение в Джидинской и Удино-Витимской зонах палеоокеанических, островодужных и континентальных комплексов, дана принципиальная модель их развития в краевой части Палеоазиатского океана [14, 15], составлен «Атлас геодинамических карт и карт глубинного строения Забайкалья», включающий 16 карт на 32 листах. Атлас построен на принципах историзма, актуализма и мобилизма, является фундаментальной сводкой данных по поверхностному и глубинному строению Забайкалья. На основе Атласа осуществлен террейновый анализ орогенных поясов Забайкалья [4, 5, 26] (см.рисунок). Мелкомасштабная геодинамическая карта Прибайкалья и Забайкалья вместе с краткой объяснительной запиской издана Геологической службой США [37] (см. рисунок на обложке журнала). В настоящее время издана «Геодинамическая карта Байкальского региона и сопредельных территорий», масштаба 1:2 000 000 [7], получившая Государственную премию Республики Бурятия в области науки и техники за 2008 г. Были произведены детальные палеотектонические реконструкции по временным срезам и выявлена геодинамическая и металлогеническая эволюция байкалид, каледонид и герцинид складчатого обрамления Сибирской платформы, включающие всю исследованную территорию [10, 13].

Установлено, что формирование современного геологического и металлогенического облика рассматриваемого региона связано с геодинамической эволюцией тектонических структур и магматизма, в ходе которой функционировали рудообразую-

щие системы различного типа. Поэтому геодинамическая и металлогеническая эволюция территории Саяно-Байкальской области рассматривается авторами через серию палеогеодинамических реконструкций, представленных в виде отдельных блоков, составленных на определенные этапы геологического развития от позднего докембрия до кайнозоя. На исследованной территории отчетливо выделяются позднерифейские или байкальские, венд-раннепалеозойские или каледонские, средне- и позднепалеозойские или герцинские, мезозойские или киммерийские этапы формирования тектонических структур, магматических и рудоносных комплексов, характеристика которых приводится ниже [8, 10, 11, 12, 13].

Геодинамические обстановки и металлогения байкальского этапа (1000—630 млн.лет). С данным этапом связан распад суперконтинента Родиния (от 950 до 750 млн.лет назад) и заложение рифтогенных океанических структур Палеоазиатского океана [10, 19, 36]. В Северном Прибайкалье и Западном Забайкалье в байкальский этап в приэкваториальной зоне активно формировался Баргузино-Витимский океанический бассейн и сопряженные с ним Келянская и Метешихинская островодужные системы, а в Восточном Саяне — Дунжугурская, Шишихидгольская и Сархойская энсиматические островные дуги. К концу позднебайкальского этапа (630 млн.лет) завершилось формирование островных дуг, окраинноморских бассейнов, микроконтинентов и причленение их к окраине Сибирского кратона. В результате образовался Саяно-Байкальский складчатый пояс байкалид. Эти аккреционно-коллизийные процессы сопровождалась внедрением коллизийных и постколлизийных гранитоидов. Вследствие этих процессов вблизи границ Сибирской платформы сформировался коллаж позднерифейских террейнов различной геодинамической природы, которые в начале венда образовали пассивную континентальную окраину Сибирского континента.

Металлогения различных геодинамических обстановок байкальского этапа связана с формированием рифейских спрединговых (офиолитовых) рифтогенных зон и сопряженных с ними островодужных систем Саяно-Байкало-Муйского пояса [3, 6, 17]. С данным этапом связаны месторождения и проявления марганца, кварцитов, чистого кварцевого сырья (Икатское, Олдакитское, Черемшанское, Чулбонское, Бурал-Сарьдаг, Атарханское месторождения) в метаморфизованных рифейских толщах, асбеста (Ильчирское и Молодежное месторождения), проявления хромитов, нередко с платинометалльной минерализацией (Гольцовский, Оспинский, Шаманский и другие массивы). С этим же этапом связано начало массового формирования золотого оруденения Саяно-Байкало-Муйского пояса. Наиболее ранние проявления золота, по мнению авторов, локализируются в массивных и прожилково-вкрапленных рудах колче-

род (700–50 млн. лет по Rb-Sr данным) свидетельствуют о формировании их в задуговой спрединговой зоне. Считается, что и для Зун-Холбинского золоторудного месторождения, которое является полигенным и полихронным источником золота и других рудных компонентов, были подобные колчеданные руды и офиолиты Ильчирского пояса. Дальнейший продуктивный в отношении золота этап связан со становлением островодужного гранитоидного магматизма (сумсунурский, сархойский комплексы). Данные Re-Os и Rb-Sr датировки руд и гидротермально измененных пород таких золоторудных месторождений и рудопроявлений как Таинское, Хорингальское, Сагангольское показывают венд-рифейский возраст (560–650 млн. лет), близкий к возрасту гранитоидов указанных комплексов. По-видимому, и другие кварцево-жильные золоторудные месторождения юго-восточной части Восточного-Саяна (Пионерское, Самартинское, Зун-Оспинское, Водораздельное и др.), ассоциирующие с гранитоидами сумсунурского комплекса, имеют такой же возраст, хотя, возможно, более поздний (ордовикский) магматизм значительно омолодил возраст пород и руд.

Со становлением Келянской островодужной системы Байкало-Муйского пояса связано формирование расслоенных ультрабазит-базитовых массивов с медно-никелевым сульфидным оруденением (Маринкинский, Чайский, Авкитский, Йоко-Довыренский) и золотого оруденения Келянского островодужного террейна (месторождения и рудопроявления Иркиндинское, Кедровское, Юбилейное, Ирбинское, Нерундинское, Каменное, Каралон, Бахтернак и др.). Однако, наиболее продуктивными на медно-никелевое оруденение являются рифтогенные Йоко-Довыренский (возраст 728,4–3,4 млн. лет), Авкитский массивы и более молодые интрузивы Чая-Нюрнудуканского комплекса (возраст Чайского массива 627–25 млн. лет), сформировавшиеся на аккреционно-коллизионном этапе развития Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса. Для наиболее крупного Чайского месторождения разведанные запасы составляют (в тыс. т): Ni — 260, Cu — 86, Co — 10,7; прогнозные минеральные ресурсы Ni — 800, Cu — 270, Co — 33.

Рифтогенные структуры Байкало-Муйского пояса контролируют также размещение и других полезных ископаемых. Например, к Олокит-Бодайбинской структуре приурочены месторождения полиметаллов, платино-золоторудное (Сухой Лог) и золоторудное (Нерундинское). Здесь открыто крупнейшее в мире Холоднинское свинцово-цинковое месторождение и более 20 проявлений. Запасы полиметаллических руд составляют по категории P₃ 6534,8 млн. т, железных руд — 9313 млн. т [22]. Кроме рифтовых структур на территории Байкальской горной области в результате деструкции раннекембрийской континентальной коры образовались не широкие локаль-

ные спрединговые зоны, маркируемые базальтами и интрузивными телами основного состава. Две такие зоны выделены в пределах Верхневитимского турбидитового террейна: Шаманская и Бурлинская. Они четко контролируют золотоносные россыпи. 50 проб базальтов Шаманской офиолитовой зоны Багдаринского района проанализированы химико-спектральным методом: в 40 анализах содержание золота 10–40 мг/т, в 4-х — 50–70 мг/т, в 4-х — 100 мг/т, в 2-х — 300 и 400 мг/т. В Северобайкалье открыты проявления бериллия: Дылымдыкит (76 жил), Двуглавое и Анамакит (по категории P₂ 76,5 тыс. т), Абчада, Укучиктинское и Уакит с запасами окиси бериллия 9 тыс. т. Определены перспективные на золото Легоминская, Намаминская золото-полиметаллические зоны и узлы.

В последние десятилетия в структурах Байкало-Муйского пояса выявлены коренные и связанные с ними россыпные проявления платиноидов. Эти данные позволили выделить Байкало-Муйскую область, входящую в крупнейшую Байкальскую платиноносную провинцию [24, 25]. Первоочередной объект для поисков и оценки на платиноиды — рудный узел в районе подготавливаемого к эксплуатации Холоднинского свинцово-цинкового месторождения. Здесь помимо Йоко-Довыренского массива располагаются несколько крупных расслоенных никеленосных интрузивов (Чайский, Нюрнудуканский, Гасан-Дякитский) и практически неизученные проявления никеля (Верхнехолоднинский, Водопадный и Авкитский). Здесь же на площади около 1 тыс. км², между Абчадским и Байкало-Конкудерским разломами выявлено более 10 аналогичных массивов [20]. Сам Йоко-Довыренский массив изучен недостаточно. Открытая в 1960-х годах зона Cu-Ni оруденения (Байкальское месторождение) исследована фрагментарно — на отдельных участках с поверхности и на глубину 200–750 м по редкой сети скважин [23]. Данные геофизических методов позволяют прогнозировать наличие в глубинных плагиоперидотитах Йоко-Довыренского массива богатых сульфидных руд, в т.ч. и платиносодержащих. Более перспективна на поиски платиноидов его центральная часть, где располагается Риф I [30]. Расчетная глубина развития платиноносного горизонта около 500 м [20].

Геодинамические обстановки и металлогения каледонского этапа (630–410 млн. лет). Геодинамическое развитие рассматриваемого региона в венде и начале нижнего палеозоя (кембрий, ордовик и силур) является одним из важнейших эпизодов формирования складчатой структуры и металлогении палеозойского обрамления Сибирской платформы. Тектоническая история этого этапа напрямую связана с историей развития и закрытия Палеоазиатского океана [10, 16, 19, 36]. В раннекаледонскую эпоху (венд, ранний—средний кембрий) сформировались спрединговые зоны срединно-океанических хребтов, энсиматические

(Восточно-Тувинская и Джидинская) и энсиалические (Удино-Витимская и Ангино-Таланчанская) островные дуги с протяженными зонами субдукции, преддуговые, задуговые бассейны и междуговые спрединговые окраинные моря [14, 15]. В позднекаледонскую эпоху (поздний кембрий, ордовик и силур) формирование венд-кембрийских островных дуг Палеоазиатского океана завершилось мощными аккреционно-коллизийными процессами сжатия и скучивания сиалических масс в результате столкновения террейнов различной геодинамической природы. В итоге по всему складчатому обрамлению Сибирского кратона возник пояс коллизийных структур, которые совместно с отложениями шельфа и континентального склона сформировали обширную континентальную окраину Палеоазиатского океана. Палеозойские гранитоиды, занимающие большие площади на территории Прибайкалья, Западного Забайкалья, являются островодужными, коллизийными (внутрикоровыми) и постколлизийными (внутриплитными) образованиями.

Металлогения венд-раннепалеозойской Удино-Витимской островодужной системы энсиалического типа, в отличие от рифейских островных дуг, специализирована на железорудное, колчеданное и колчеданно-полиметаллическое оруденение, которое широко развито в Еравнинском островодужном террейне, сложенном вулканогенно-осадочными породами раннепалеозойского возраста [15, 32]. Гематитовые и магнетит-гематитовые тела железорудных месторождений согласно залегают с вмещающими вулканогенными породами, в зонах воздействия гранитоидов скарнированы и имеют существенно магнетитовый состав (запасы железных руд в Еравне по категории P_3 2813 млн.т). В одном только Озернинском рудном узле среди нижнекембрийских осадочно-вулканогенных пород известно 30 месторождений колчеданно-полиметаллических, железоокисных, железомарганцевых руд, которые могут быть отнесены к гидротермально-осадочным (собственно островодужным), гидротермально-метасоматическим и скарновым. Здесь же находятся золоторудное месторождение Назаровское, Левый Сурхехт и десятки проявлений [21].

Для Джидинской островной дуги энсиалического типа венд-кембрийского возраста проявления колчеданно-полиметаллических минерализаций, особенно связанные с вулканогенно-осадочными толщами, пока не выявлены. Здесь известны россыпи и золоторудные проявления, которые традиционно связывают с мезозойским гуджирским комплексом. Однако в настоящее время имеется достаточно фактов, подтверждающих более древний возраст золотого оруденения, связанного с океаническими и островодужными комплексами венда-кембрия [12].

Металлогеническая специализация коллизийного этапа развития каледонид до конца не ясна. С коллизийными гранитами ордовикского возраста в юго-восточной части Восточного-Саяна, возможно,

связано Коневинское золоторудное месторождение и другие проявления золотомедно-порфирового типа. Отмечаются золоторудная и хромитовая минерализации в Дархинтуйском и Хасуртинском офиолитовых массивах Джидинской зоны.

Геодинамические обстановки и металлогения герцинского этапа (410—250 млн.лет). В раннегерцинскую эпоху (девоне—раннем карбоне) Палеоазиатский океан трансформировался в океан Палеотетис [18]. По южной (в современных координатах) окраине Сибирского континента в условиях рассеянного рифтогенеза и разнонаправленной субдукции проявились мощные тектономагматические процессы, приведшие к формированию крупного (свыше 2000 км) окраинно-континентального Саяно-Забайкальского вулканоплутонического пояса. Магматизм в пределах пояса проявлен неравномерно [9]. Наиболее мощно и разнообразно он развит в Восточном Саяне в рифтогенных структурах минусинского типа. В частности, в Окинском районе Бурятии сосредоточены огромные массы девонских кислых вулканических продуктов, которые ассоциируют тут с редкометалльными комагматичными гранитоидами. При этом бимодальные серии повышенной щелочности и щелочные часто перемежаются, а иногда развиты в одних и тех же структурах. В районе южного выступа Сибирской платформы пояс сужается и далее в Забайкалье проявлен в основном в виде позднедевонско-раннекарбонных морских с вулканитами присдвиговых прогибов типа пул-апарт (Уakitский, Багдаринский, Урминский и др.), которые являются реликтовыми задуговыми бассейнами [15]. В пределах Хэнтэй-Даурско-Агинской системы окраинно-континентальных спрединговых морей, в конце ордовика—девоне образовался Монголо-Охотский океанический бассейн. История геодинамического развития Забайкалья и сопредельных районов в позднегерцинскую эпоху (среднем-позднем карбоне, перми) была обусловлена, так же как и в предыдущую эпоху, взаимодействием Сибирского кратона (континента) и образовавшегося Монголо-Охотского океанического бассейна. Развитие Монголо-Охотского спредингового океанического бассейна сопровождалось активными субдукционными процессами. Активная окраина между Сибирским континентом и океаническим бассейном имела трансформный характер [26]. В тылу активной окраины в течение позднего карбона, перми и раннего триаса сформировался протяженный (свыше 2000 км) Селенгино-Витимский (Монголо-Забайкальский) вулканоплутонический пояс рифтогенного типа. Рифтогенез проявился не только в узких тектонических зонах, но и на огромных обрамляющих пространствах, где произошло формирование Ангаро-Витимского (320—290 млн.лет) и Даурского (260—250 млн.лет) крупных гранитоидных батолитов и щелочных интрузивных пород [9, 33, 35].

Металлогения герцинского этапа связана в основном с рифтогенными (внутриплитными) постколли-

зионными процессами и в меньшей степени с остро-
водужным и коллизионным магматизмом активных
континентальных окраин. С внутриплитными грани-
тами герцинского и ранней стадии киммерийского
этапа связано главным образом молибденовое, мень-
ше вольфрамовое и тантал-ниобиевое оруденение.
Геохимические аномалии, месторождения, рудопрояв-
ления молибдена распространены в пределах всей
территории Западного Забайкалья и восточной части
Восточного Саяна. Имеющиеся геохронологические
данные показывают интервал возрастов образования
рудоносных гранитов от 242 до 295 млн.лет. Орудене-
ние установлено в грейзенах, скарнах и гидротер-
малитах. Грейзены приурочены к апикальным частям
штокообразных массивов (Эгита, Солонго, Хасур-
тинское), иногда встречаются среди значительно эро-
дированных тел гранитоидов (Мальгинское, Грейзе-
новое, Талаканское) и в экзоконтактовых частях (Та-
расовское, Верхне-Амандакское, Талинское). Гидро-
термальное оруденение представлено в основном
кварцевыми прожилковыми зонами и штокверками в
гранитах (Солонго, Жин-Косон, Жиримка,
Мало-Курбинское, Окинское). Параметры орудене-
ния обычно не превышают мелких месторождений,
но среди них известны и месторождения с крупными
запасами (Жарчиха, Мало-Ойногорское). В истории
геологического развития Западного Забайкалья в
среднем и позднем палеозое вольфрамовое орудене-
ние неоднократно проявлялось в виде скарновых,
грейзеновых и гидротермальных генетических ти-
пов. Проявления грейзенового типа редки и самосто-
ятельного значения не имеют. Они локализованы в
апикальных частях и зонах тектонических наруше-
ний гранитных штоков. Значительно шире распрот-
ранены скарновые проявления. Рудные минералы в
них представлены шеелитом, молибденитом и не-
большим количеством сульфидов (Оланское). Тан-
тал-ниобиевая минерализация Западного Забайкалья
связана с альбитизированными гранитами и аль-
бититами. Она известна в пределах Анагаро-Витим-
ского гранитоидного батолита (Сайвонинский, Муй-
ский, Оймурский, Безьянский), в Хамар-Дабан-
ском хребте (Салбартуйский, Биту-Джидинский,
Харагул, Уругудей, Утулик). Время формирования
пород 270—320 млн.лет. Это небольшие по размерам
массивы и дайки, расположенные среди гранитов,
останцов осадочных и метаморфических толщ, пред-
ставляющих собой в разной степени альбитизирован-
ные апикальные части гранитных выступов. В них
установлены минеральные фазы тантала, ниобия, ит-
трия и редкоземельных элементов. Главный из них
— колумбит. На некоторых участках проведены по-
исково-оценочные работы. В целом площадь еще
слабо изучена на этот тип оруденения [2, 27].

К рифтогенным стадиям герцинского этапа при-
урочено формирование щелочных провинций. В Се-
верном Забайкалье с ними связано образование таких

массивов как Сыннырский, Бурпала с редкометал-
льной и редкоземельной минерализацией. На Витим-
ском плоскогорье в этот период сформировалась се-
рия массивов нефелинсодержащих основных и
ультраосновных пород. Часть из этих массивов (Му-
хальский) — крупные месторождения небокситового
глиноземистого сырья. С габбро-сиенитовой форма-
цией (Арсентьевский, Хаильский массивы) известно
титаномагнетитовое оруденение [1].

**Геодинамические обстановки и металлогения
мезозойского или киммерийского этапа (250—
100 млн.лет).** Киммерийская или мезозойская история
геодинамического развития региона связана со взаимо-
действием Сибирского континента с Палеоокеаном
и его заливом — Монголо-Охотским океаническим
бассейном. В это время на востоке Азии формиро-
вались островные вулканические дуги, многочисленные
рифтогенные впадины и краевые вулканоплутониче-
ские пояса. По складчатому обрамлению юга Сибир-
ской платформы, на месте Монголо-Охотского пояса, в
мезозое существовала сложная геодинамическая об-
становка калифорнийского или монголо-охотского
типа [12]. Она характеризовалась надвиганием Сибир-
ского континента на структуры Монголо-Охотского
океанического бассейна, в результате чего оказалась
перекрытой спрединговая зона этого бассейна, которая
продолжала функционировать и обусловила образова-
ние на окраине континента вдоль Монголо-Охотского
линеамента овальных зон «расеянного» рифтогенеза и
«распыленного» магматизма. Отличительная особен-
ность этого процесса — сочетание обстановок сжатия
и растяжения, в результате чего здесь образовались
многочисленные вулканотектонические структуры,
сложенные вулканитами дифференцированных (остро-
водужных) и бимодальных (внутриплитных) серий,
ассоциации с редкометалльными гранитоидами различ-
ной щелочности и кислотности. Только на территории
Забайкалья выделяется 200 рифтогенных впадин и
других тектонических структур, сложенных разнооб-
разными вулканическими и осадочными комплексами.

Выполненные в последние годы геохронологиче-
ские исследования позволили расшифровать историю
вулканических процессов в вышеназванных структу-
рах и раскрыть их геодинамическую природу. Уста-
новлено, что на территории Забайкалья мезозойская
вулканическая деятельность была сконцентрирована
в ряде вулканических областей и зон и контролирова-
лась мантийными плюмами горячего поля мантии.
По-видимому, динамика развития плюмов носила
прерывисто-пульсационный характер. Каждому им-
пульсу активности плюма соответствовал опреде-
ленный комплекс вулканотектонических структур и
месторождений полезных ископаемых.

Завершился мезозойский этап развития региона в
верхнеюрско-нижнемеловое время, к которому отно-
сится максимальное развитие магматических пород и
связанных с ними месторождений полезных ископае-

мых. На территории Забайкалья позднемезозойский внутриплитный магматизм проявился в разных структурах по-разному. Так, в Западно-Забайкальской вулканической области (Верхнеджидинская, Малохамардабанская, Тугнуйская, Чикой-Хилокская вулканотектонические структуры) развиты в основном продукты трахибазальт-шошонит-латитового ряда с небольшим количеством кислого вулканического материала с мантийными изотопными характеристиками. При этом в некоторых рифтогенных впадинах (Чикой-Холокская, Красночикойская) щелочно-базальтовый вулканизм наиболее интенсивно проявился в середине раннего мела (123—112 млн.лет). Редко обнаружены силлы и дайки щелочно-базальтовых пород верхнемелового возраста [34].

Металлогения киммерийского этапа связана с внутриплитными рифтогенными процессами. Рудоносный этап их охватывает интервал от 220 до 100 млн.лет, а оруденение распространено почти исключительно в южных районах Западного Забайкалья. Здесь выделены протяженный пояс проявлений и месторождений молибденовых и вольфрамовых руд, Западно-Забайкальская бериллиеносная и карбонатитовая провинции. Результаты изотопно-геохимических исследований свидетельствуют о поступлении больших объемов мантийного вещества, которое в некоторых случаях (например, на фтор-бериллиевых месторождениях) активно взаимодействовало с коровыми породами. Для этого периода характерен интенсивный юрский и раннемеловой щелочно-базальтовый вулканизм. С данным этапом связаны промышленные концентрации бериллия, редкоземельных элементов, молибдена, вольфрама, стронция, флюорита. Месторождения бериллиевых руд наиболее ранние и связаны с внедрением интрузий высококальциевых щелочно-полевошпатовых сиенитов и гранитов. На этом этапе образовались месторождения и многочисленные проявления руд флюорит-фенакит-бертрандитовой формации. Время формирования рудоносных магматических пород на Аунике — 241,6 млн.лет, Амандаке — 236 млн.лет, Ермаковском и Оротском — 225 млн.лет, Илейском и Снежном в Окинском районе Восточного Саяна — 305 млн.лет. Исследования, проведенные на месторождениях, свидетельствуют о трансформации изотопных составов ряда элементов (Sr, O, C, S), обусловленной эволюцией гидротермальной системы и контаминацией в результате процессов взаимодействия с вмещающими породами.

В группе магматогенных месторождений наибольший интерес представляет минерализация, связанная с щелочными гранитами и карбонатитами. Среди карбонатитов выделяются две подгруппы. В одну из них входят проявления, в которых редкие земли сосредоточены во фторкарбонатах (Аршанское, Южное, Улан-Удэнское), вторая представлена карбонатитами, содержащими монацит и апатит (Халю-

тинское). Обе подгруппы установлены в Юго-Западном Забайкалье, имеют существенно кальцитовый состав и сформировались в раннемеловой этап (120—130 млн.лет). Редкоземельные элементы в них представлены существенно легкими лантаноидами. Проявления редкоземельных элементов, связанные с щелочными гранитами, представлены зонами гидротермалитов. Наиболее крупные из них известны в Кичерской зоне Северного Забайкалья (проявления Честен, Аkit и др.). Это зоны карбонатных с флюоритом, баритом прожилков и жил, содержащих ксенотим (иттрий). Вблизи проявлений расположен Аkitский массив щелочных гранитов, имеющих возраст около 200 млн.лет. Близкие значения возраста (187 млн.лет) получены для одного из рудных тел Аkitского участка. Промышленные концентрации стронция связаны с карбонатитами. Массовое содержание его в кальцитовых карбонатитах Халютинского месторождения изменяется от первых процентов до 20—25%. При этом значительная часть стронция связана со стронцианитом, баритоцелестином. Повышенная стронциевость свойственна и другим месторождениям карбонатитов (например Аршанское), входящим в состав позднемезозойской карбонатитовой провинции [28, 29].

Молибденовое оруденение относится к одному из профилирующих на территории Западного Забайкалья. Здесь известны сотни рудопроявлений и геохимических аномалий, а запасы металла в разведанных месторождениях составляют около 40% всех запасов России. При этом все промышленные месторождения локализованы в южных и юго-западных районах. Они связаны с этапом внутриплитной позднемезозойской тектономагматической активностью. Наиболее достоверный возраст магматических пород и оруденения (Os-Re, U-Pb и Rb-Sr) 140—120 млн.лет (Джидинское, Ореkitканское месторождения). Промышленную значимость имеет только гидротермальный тип, представленный штокверками и линейными штокверковыми зонами. Из гидротермальных проявлений можно выделить молибден-вольфрамовую (Джидинское, Булуктаевское), молибденовую (Долон-Модонское) и молибденово-медную (Телемба, Кударинское, Унтаты) формации. Среди них наиболее важным является минеральный тип, характеризующийся высокими концентрациями флюорита и сульфидов (Первомайское, Ореkitканское). Они распространены в Джидинском, Курбино-Еравнинском и Средне-Витимском рудных районах. Формирование гранитоидов происходило в гипабиссальных и близповерхностных условиях. Обычно для них характерен ультракислый субщелочной характер. Породы представлены, главным образом, лейкократовыми гранитами, морион-гранитами, гранит-порфирами, кварцевыми порфирами, аплитами, меньше граносиенитами, сиенитами и сиенит-порфирами. Группа гидротермальных месторождений

представлена кварц-сульфидно-гюбнеритовым и кварц-вольфрамитовым минеральными типами. К кварц-сульфидно-гюбнеритовому типу относится группа промышленно важных месторождений, сформировавшихся в позднем мезозое (Холтосонское, Булуктаевское, Инкурское, Бом-Горхонское). Месторождения сопровождаются интенсивными ореолами флюоритизации, пиритизации, грейзенизации. Площадь измененных пород достигает нескольких квадратных километров. Как и в случае с молибденовыми месторождениями изотопные исследования свидетельствуют о том, что наиболее крупные скопления вольфрамовых руд сопровождаются сульфидной серой близкой к метеоритному стандарту. Эти месторождения одновременно обогащены флюоритом и пиритом, свидетельствующими о поступлении их из глубинных (мантийных) источников. Большинство малосульфидных кварц-вольфрамитовых проявлений сосредоточено в Джидинском рудном районе (Байбинское, Алтан, Экин-Убур, Харгантуй, Запсар). Достоверная оценка возраста их к настоящему времени отсутствует. Оруденение связывается как с поздним мезозоем, так с герцинским этапом [27, 31].

Приведенные в статье материалы по геодинамическим условиям формирования важнейших месторождений полезных ископаемых в пределах байкальской, каледонской, герцинской и киммерийской подвижных областей Саяно-Байкальской горной области полностью подтверждают вывод о том, что каждой категории активных зон Земли свойственен строго определенный набор формационных типов магматических пород, находящихся между собой в закономерных сочетаниях, в результате чего в каждой геодинамической обстановке возникает своя, только ей присущая магматическая и соответственно металлогеническая зональность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 08-05-00290, 10-05-93160, 12-05-00223, 12-05-00324), Программы Президиума РАН (проект 27.3.) и ОНЗ РАН (проекты 2.1. и 10.1.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадмацыренова Р.А., Орсов Д.А., Бадмацыренов М.В., Канакин С.В. Титаномагнетит-ильменитовое оруденение Арсентьевского габбро-сиенитового массива Западного Забайкалья // Изв. Сиб. отд. секции наук о Земле РАЕН. 2011. № 1 (38). С. 57—66.
2. Батурина Е.Е., Рипп Г.С. Молибденовые и вольфрамовые месторождения Западного Забайкалья (основные черты металлогении и геохимии). —М.: Наука, 1984.
3. Булгатов А.Н. Тектонические структуры и закономерности размещения золота в Баргузинской тайге // Геология и геофизика. 1973. № 12. С. 29—37.
4. Булгатов А.Н., Гордиенко И.В., Зайцев П.Ф., Турунхаев В.И. Атлас геодинамических карт и карт глубинного строения Забайкалья // Тектоника Азии / Мат-лы XXX тектонического совещ. —М., 1997. С. 39—41.
5. Булгатов А.Н., Гордиенко И.В. Террейновый анализ складчатых поясов Забайкалья // Тектоника и геодинамика: Общ. и регион. аспекты / Мат-лы XXXI тектон. совещан. —М., 1998. Т. 1. С. 72—74.
6. Булгатов А.Н., Гордиенко И.В. Террейны Байкальской горной области и размещение в их пределах месторождений золота // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 3. С. 230—240.
7. Булгатов А.Н., Гордиенко И.В., Зайцев П.Ф., Турунхаев В.И. Геодинамическая карта Байкальского региона и сопредельных территорий. Масштаб 1:2 000 000. CD ROM. —Улан-Удэ: Геологический институт СО РАН, 2004.
8. Гордиенко И.В. Эволюция палеозойского магматизма и эндогенного оруденения складчатого обрамления юга Сибирской платформы и геодинамические обстановки его формирования // Тихоокеанская геология. 1992. № 4. С. 101—109.
9. Гордиенко И.В. Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. —М.: Наука, 1987.
10. Гордиенко И.В. Геодинамическая эволюция поздних байкалитид и палеозойского складчатого обрамления юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 53—70.
11. Гордиенко И.В. Геодинамическая и металлогеническая эволюция Забайкалья в неопротерозое, палеозое и мезозое // Геология и минералогия Забайкалья // Сб. докладов и статей к научно-производственной конференции, посвященной 60-летию Федерального государственного унитарного геологического предприятия «Читагеолсъемка» (22—23 апреля 2010 г.). —Чита, 2010. С. 117—125.
12. Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. Геодинамика и металлогения Монголо-Забайкальского региона // Геология и геофизика. 1999. Т.40. № 11. С. 1545—1562.
13. Гордиенко И.В., Миронов А.Г. Геодинамическая и металлогеническая эволюция Забайкалья в позднем рифее—палеозое // Отечественная геология. 2008. № 3. С. 46—57.
14. Гордиенко И.В., Филимонов А.В., Минина О.Р. и др. Джидинская островодужная система Палеоазиатского океана: строение и основные этапы геодинамической эволюции в венде—палеозое // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 120—140.
15. Гордиенко И.В., Булгатов А.Н., Руженцев С.В. и др. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее—палеозое // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. С. 589—614.
16. Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 1—2. С. 5—27.
17. Жмодик С.М., Постников А.А., Буслов М.М., Миронов А.Г. Геодинамика Саяно-Байкало-Муйского аккреционно-коллизийного пояса в неопротерозое—раннем палеозое, закономерности формирования и локализации благороднометалльного оруденения // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 183—197.
18. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. —М.: Недра, 1990. Т. 1—2.
19. Зорин Ю.А., Скляр Е.В., Беличенко В.Г., Мазукабов А.М. Механизм развития системы островная дуга—задуговой бассейн и геодинамика Саяно-Байкальской складчатой области в позднем рифее—раннем палеозое // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 3. С. 209—226.
20. Нефедьев М.А. Глубинное строение и оценка перспектив Довыренского базит-гипербазитового массива по геофизическим данным // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия / Мат-лы

- междунар. конф. —Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. С. 163—165.
21. *Нефедьев М.А.* Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). —Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009.
 22. *Нефедьев М.А.* Моделирование и оценка перспектив Северо-Байкальского рудного района по геофизическим данным (Северное Прибайкалье). —Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2011.
 23. *Орсоев Д.А., Рудашевский Н.С., Крецер Ю.Л., Конников Э.Г.* благороднометаллическая минерализация малосульфидного оруденения в Йоко-Довыренском расчлоенном массиве (Северное Прибайкалье) // Докл. АН. 2003. Т. 390. № 2. С. 233—237.
 24. *Орсоев Д.А.* Платиноносность сульфидных руд Байкальского медно-никелевого месторождения (Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый массив) // Руды и металлы. 2008. № 6. С. 62—72.
 25. *Орсоев Д.А., Мехоношин А.С., Бадмацыренова Р.А.* Перспективы Северобайкальской никеленосной провинции на платиноиды // Платина России. Сборник научных трудов. Т. VII. —Красноярск: Изд-во «Знак», 2011. С. 275—279.
 26. *Парфенов Л.М., Булгатов А.Н., Гордиенко И.В.* Террейны и формирование орогенных поясов Забайкалья // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. № 4. С. 3—15.
 27. *Рипп Г.С.* Геохимия эндогенного оруденения и критерии прогноза в складчатых областях. —Новосибирск: Наука, 1984.
 28. *Рипп Г.С., Кобылкина О.В., Дорошкевич А.Г., Шаракшинов А.О.* Позднемезозойские карбонатиты Западного Забайкалья. —Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000.
 29. *Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г., Посохов В.Ф.* Возраст карбонатитового магматизма Забайкалья // Петрология. 2009. Т. 17. № 1. С. 79—96.
 30. *Толстых Н.Д., Орсоев Д.А., Кривенко А.П., Изох А.Э.* Благороднометаллическая минерализация в расчлоенных ультрабазит-базитовых массивах юга Сибирской платформы // Отв.ред. Г.В.Поляков. —Новосибирск: «Параллель», 2008.
 31. *Ходанович П.Ю., Горбачев А.И., Смирнова О.К.* Структура месторождений Джидинского рудного узла и закономерности размещения вольфрамовых руд в связи с перспективами прироста их запасов // Джидинский рудный район. —Новосибирск: Наука, 1984. С. 77—92.
 32. *Хрусталева В.К.* Благороднометаллическая минерализация Удино-Витимской островодужной системы палеозойского Западного Забайкалья // Изв. Сиб. отд. секции наук о Земле РАЕН. —Иркутск, 2009. № 1(34). С. 18—27.
 33. *Цыганков А.А., Матуков Д.И., Бережная Н.Г.* и др. Источники магм и этапы становления позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 156—180.
 34. *Ярмолюк В.В., Иванов В.В.* Магматизм и геодинамика Западного Забайкалья в позднем мезозое и кайнозое // Геотектоника. 2000. № 2. С. 43—64.
 35. *Ярмолюк В.В., Коваленко В.И.* Геодинамические обстановки образования батолитов в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 12. С. 1305—1320.
 36. *Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Ковач В.П.* и др. Ранние стадии формирования Палео-Азиатского океана: результаты геохронологических, изотопных и геохимических исследований позднерифейских и венд-кембрийских комплексов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Докл. АН. 2006. Т. 410. № 5. С. 657—662.
 37. *Bulgatov A. N., Gordienko I. V.* Terrane and overlap assemblage map of Transbaikalia and Eastern Sayan Region, Southern Siberia, Russia. Scale 1:5 000 000. CD-ROM. U.S. Geological Survey, 1999 (<http://wrgis.wr.usgs.gov/openfile/of98-136>).