

**Геология и геохимия
месторождений полезных ископаемых**

УДК 550.42+ 551.24+ 553.04

**ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ СЕВЕРО-БАЙКАЛЬСКОГО РУДНОГО РАЙОНА**

И.В. Гордиенко¹, А.Н. Булгатов², М.А. Нефедьев³, Д.А. Орсоев⁴

Геологический институт СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба.

Охарактеризованы минеральные типы рудных месторождений Северо-Байкальского рудного района, связанные с образованием верхнерифейских рифтов с океанической корой и островодужных комплексов в процессе с развития Палеоазиатского океана. Составлены схемы геолого-геофизического и прогнозно-металлогенического районирования. Определены перспективы освоения минеральных ресурсов и создания новых производств на строящихся Холоднинском и других ГОКах Северо-Байкальского ТПК.

Библиогр. 24 назв. Ил. 5.

Ключевые слова: геолого-геофизическое строение; рудный район; месторождения; прогнозно-металлогеническое районирование; перспективы освоения.

**GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL, FORECAST-METALLOGENIC
RESEARCHES AND EXPLORATION PROSPECTS OF NORTH BAIKAL ORE
DISTRICT MINERAL RESOURCES**

I.V. Gordienko, A.N. Bulgatov, M.A. Nefedyev, D.A. Orsoev

Geological Institute, SB RAS, 6a Sakhyanovoi St., Ulan-Ude, 670047, Russia.

The article describes mineral types of ore deposits in the North Baikal ore district that is related to Upper Riphean rifts with oceanic crust and island arc complexes due to Paleoasian ocean formation. Geologo-geophysical and forecast-metallogenic zoning schemes are compiled. Prospects for the development of mineral resources and new enterprises at Kholodninsky Mining and Processing Plant and other mining and processing plants of North Baikal Territorial-Production Complexes, which are under construction, are outlined.

24 sources. 5 figures.

Key words: geological and geophysical structure; ore district; deposits; forecast-metallogenic zoning; development prospects.

¹Гордиенко Иван Власович, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, профессор Бурятского государственного университета, тел.: (3012) 433891, e-mail: gord@pres.bsnet.ru

Gordienko Ivan, Corresponding Member of RAS, Chief Researcher, Professor of Buryat State University, tel.: (3012) 433891, e-mail: gord@pres.bsnet.ru

²Булгатов Александр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: (3012) 433955, e-mail: magma@gin.bsnet.ru

Bulgatov Alexander, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Leading Researcher, tel.: (3012) 433955, e-mail: magma@gin.bsnet.ru

³Нефедьев Михаил Андреевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: (3012) 433955, e-mail: nefedyevma@mail.ru

Nefedyev Mikhail, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Leading Researcher, tel.: (3012) 433955, e-mail: nefedyevma@mail.ru

⁴Орсоев Дмитрий Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел.: (3012) 434035, e-mail: magma@gin.bsnet.ru

Orsoev Dmitry, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Senior Researcher, tel.: (3012) 434035, e-mail: magma@gin.bsnet.ru

Северо-Байкальский рудный район (СБРР) охватывает северную часть Байкальской складчатой области. Основой геодинамического и металлогенического анализа послужили «Геодинамическая карта Байкальского региона и сопредельных территорий» масштаба 1:200000 и схема тектоно-стратиграфических террейнов [6, 7, 10]. Был установлен рифтогенный (с фрагментами океанической коры) стиль геодинамической эволюции Байкальской области в среднем-позднем рифее и раннем палеозое, связанной с заложением и развитием Палеоазиатского океана и его островодужных окраин. Изотопные исследования последних лет показали, что территория Байкальской складчатой области характеризуется океанической и континентальной корой с раннедокембрийскими, позднерифейскими и вендскими Nd модельными возрастными [22]. Проведено детальное изучение Олокит-Бодайбинского рифтогенного прогиба, который контролирует размещение полиметаллических, платиноидных и золотых месторождений, в том числе крупнейшего в стране Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения и Йоко-Довыренского расслоенного дунит-троктолит-габбрового массива, содержащего сульфидные медно-никелевые, малосульфидные платинометалльные, золоторудные и другие полезные ископаемые стратегического минерального сырья. Изучены узловыe участки, на которых в дальнейшем планируется проведение геологических и геофизических работ для решения проблем, связанных с металлогенией и прогнозированием в пределах Северо-Байкальского рудного района.

Геологическое строение по данным геолого-геофизических исследований. В геологическом плане СБРР входит в состав складчатого обрамления юга Сибирской платформы и характеризуется исключительно сложным геологическим строением, обусловленным широким развитием глубокометамор-

физованных осадочно-вулканогенных комплексов докембрия, подвергнутых интенсивной складчатости, образованием многочисленных разрывных нарушений и проявлением разнообразного магматизма (рис. 1). В пределах исследуемой территории развиты раннедокембрийские осадочно-метаморфические толщи, гранитно-метаморфические комплексы, гранито-гнейсовые купола, краевые вулканоплутонические пояса, позднерифейские и нижнепалеозойские структурно-вещественные комплексы (базит-гипербазитовые, метабазальтовые, метариолитовые, турбидитовые, вулканогенно-осадочные, терригенно-карбонатные), гранитоиды позднего рифея и палеозоя, щелочные магматические породы среднего-верхнего палеозоя, кайнозойские отложения Байкальской рифтовой системы. Большое разнообразие вулканогенно-осадочных толщ, их фациальная изменчивость и высокая степень метаморфизма, практически полное отсутствие органических остатков позволяют более или менее уверенно устанавливать последовательность накопления их лишь в пределах отдельных тектонических блоков или террейнов.

Здесь выделены [10, 11] с севера на юг следующие террейны: Патомской пассивной континентальной окраины Сибирского кратона, Муйский и Чуйский кратонные, Парамский океанический, Келянский островодужный, Кичерский метаморфический, Баргузинского, Делюнуранского и Верхневитимского турбидитовых бассейнов. Названные террейны были аккрецированы к Сибирскому кратону во второй половине позднего рифея. С коллизионно-аккреционными процессами было связано образование позднерифейских и нижнепалеозойских впадин и прогибов, выполненных молассаами, основными и кислыми вулканитами, формирование перидотит-габбровых, габбровых и гранитоидных плутонов.

Олокитский рудный узел контролируется Олокитским рифтогенным

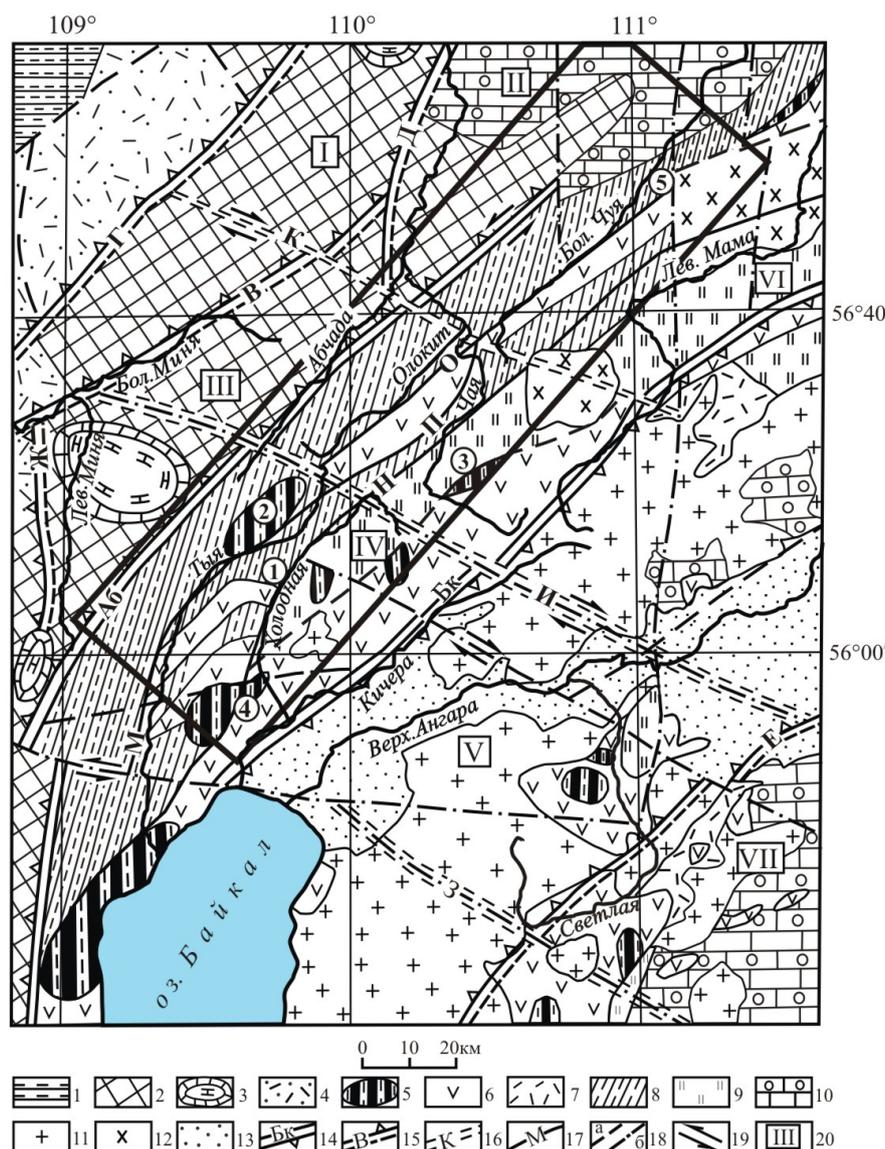


Рис. 1. Схема геологического строения и тектонического районирования Северо-Байкальского рудного района:

1 – палеозойский чехол Сибирской платформы; 2–4 – раннедокембрийские гранитно-метаморфические комплексы: 2 – осадочно-метаморфические, 3 – гранитогнейсовых куполов, 4 – краевых вулканоплутонических поясов; 5–10 – позднерифейские и нижнепалеозойские структурно-вещественные комплексы: 5 – базит-гипербазитовые, 6 – метабазальтовые, 7 – метариолитовые, 8 – турбидитовые, 9 – вулканогенно-осадочные, 10 – терригенно-карбонатные; 11 – гранитоиды позднего рифея и палеозоя; 12 – щелочные магматические породы среднего-верхнего палеозоя; 13 – кайнозойские отложения Верхнеангарской рифтогенной впадины. Разрывные нарушения: 14 – структурные швы (Аб – Абчадский, БК – Байкало-Конкудерский); 15 – межблоковые (В – Миньский, Г – Кутимский, Д – Чуйский, Е – Томпуда-Нерпинский, Ж – Левоминьский); 16 – поперечные межблоковые (З – Катеро-Нижнеангарский, И – Катеро-Миньский, К – Анамакит-Кутимский); 17 – внутриблоковые (М – Тыйский, Н – Холоднинский, О – Олоkitский, П – Чуя-Довыренский); 18 – прочие, предполагаемые по геологическим (а) и геофизическим (б) данным; 19 – крупные сдвиги; 20 – тектонические блоки и их номера (I – Кутимо-Чайский, II – Мамско-Чуйский, III – Укучиктинский, IV – Олоkitский, V – Кичерский, VI – Мамско-Мамаканский, VII – Баргузино-Катерский). Месторождения (арабские цифры в кружках): 1 – Холоднинское колчеданно-полиметаллическое; 2 – Йоко-Довыренское медно-никелево-платиновое; 3 – Чайское медно-никелевое; 4 – Нюрундукаанское медно-никелевое; 5 – Нерундинское золоторудное. Рамкой на схеме показано положение Олоkitского рифта

прогибом (рифтом), который по геологическому строению можно разделить на две части: собственно Олоkitскую и Бодайбинскую. Олоkitская часть рифта протягивается узкой полосой от северо-западного побережья оз. Байкал до устья р. Манюкан (левого притока р. Мамы), протяженность ее 250 км (рис. 2, а). Прогиб ограничен с северо-запада Мамско-Чуйским кратонным террейном и Абчадским левым сдвигом, выраженным гравитационной ступенью [5, 19]. Комплексы Мамско-Чуйского кратонного террейна охарактеризованы цифрами от 2070 до 1863 млн лет [13]. На юго-востоке рифт по Холоднинскому разлому граничит с Кичеро-Мамским метаморфическим террейном и Холоднинской впадиной вендского возраста.

В основании разреза Олоkitского рифта распространена сланцево-метабазальтовая толща океанической стадии развития (базальты E-MORB типа), относящаяся к тыйской свите. Она обнажается по рекам Тые и Нюрундукан (юго-восточное ограничение рифта) и вдоль Абчадской сдвиговой зоны, ограничивающей рифт с северо-запада. Возраст базальтов 927 млн лет [16]. Изученные нами базальты Олоkitского рифта по вещественному составу на дискриминантной диаграмме [8] отвечают внутриплитным океаническим базальтам. Терригенные турбидиты рифта, залегающие согласно на метабазальтах океанической стадии, а также на дорифейских блоках, относятся к олоkitской и авкитской свитам позднего рифея. На них согласно залегают также позднерифейские терригенно-известковые турбидиты итыкитской свиты и терригенно-известняково-доломитовая толща ондокской свиты. Общая мощность турбидитов 4–5 км. В районе Холоднинского полиметаллического месторождения вертикальная их мощность по геофизическим данным оценивается 2–5 км [19]. В турбидитах рифта и в породах дорифейских блоков картируются линзы серпентинизированных и меланжированных реститовых гипербазитов.

В северной части Олоkitского рифта расположен наложенный на его структуры Сыннырский рифтогенный прогиб. По протяженности (около 200 км) и по ширине (до 12–15 км) он меньше Олоkitского рифта. В его основании залегают слабоизмененные массивные вулканогенные породы сыннырской и иняптукской свит: базальты, диабазы и пикрито-базальты, их туфы. Мощность 1500–2000 м. На водоразделе рек Олоkit и Чая на вулканогенных образованиях сыннырской свиты с размывом залегают отложения противодаванской свиты. Общая мощность песчанисто-аргиллитово-доломитовой противодаванской свиты 700–750 м. Вулканыты Сыннырского рифта охарактеризованы следующими цифрами абсолютного возраста (U-Pb метод по циркону): калиевые риолиты, секущие базальты, – 711 млн лет, базальты – 729 млн лет [23], кварцевые порфиры – 729 млн лет [2]. Эти значения практически совпадают с возрастом кристаллизации никеленосного Йоко-Довыренского дунит-троктолит-габбрового массива – 728.4 ± 3.4 млн лет, установленным также по цирконам [2]. Полученные датировки для вулканитов и интрузивных пород довыренского комплекса свидетельствуют в пользу синхронности проявления иняптукско-сыннырской фазы вулканизма и интрузивных процессов, которые сопровождали раскрытие Сыннырского рифта.

Для расшифровки и детализации выделенных геологических структур в СБРР были проведены специализированные геофизические исследования. В частности, составлена карта плотностных неоднородностей Олоkitского рифта [19]. Данная структура в гравитационном поле выделяется, в целом, аномально высоким полем (рис. 2, б). Перепад поля по Абчадскому разлому 40 мГл, по Байкало-Конкудерскому – 110 мГл. В пределах рифта отмечается серия локальных максимумов, обусловленных куполами скрытых массивов основного и ультраосновного составов

или связанных с небольшими при-разломными прогибами, сложенными вулканогенными породами олокитской свиты. При этом установлено, что ин-

тенсивность аномалий над массивами различна, что связано с глубиной их залегания, составом и плотностью вме-

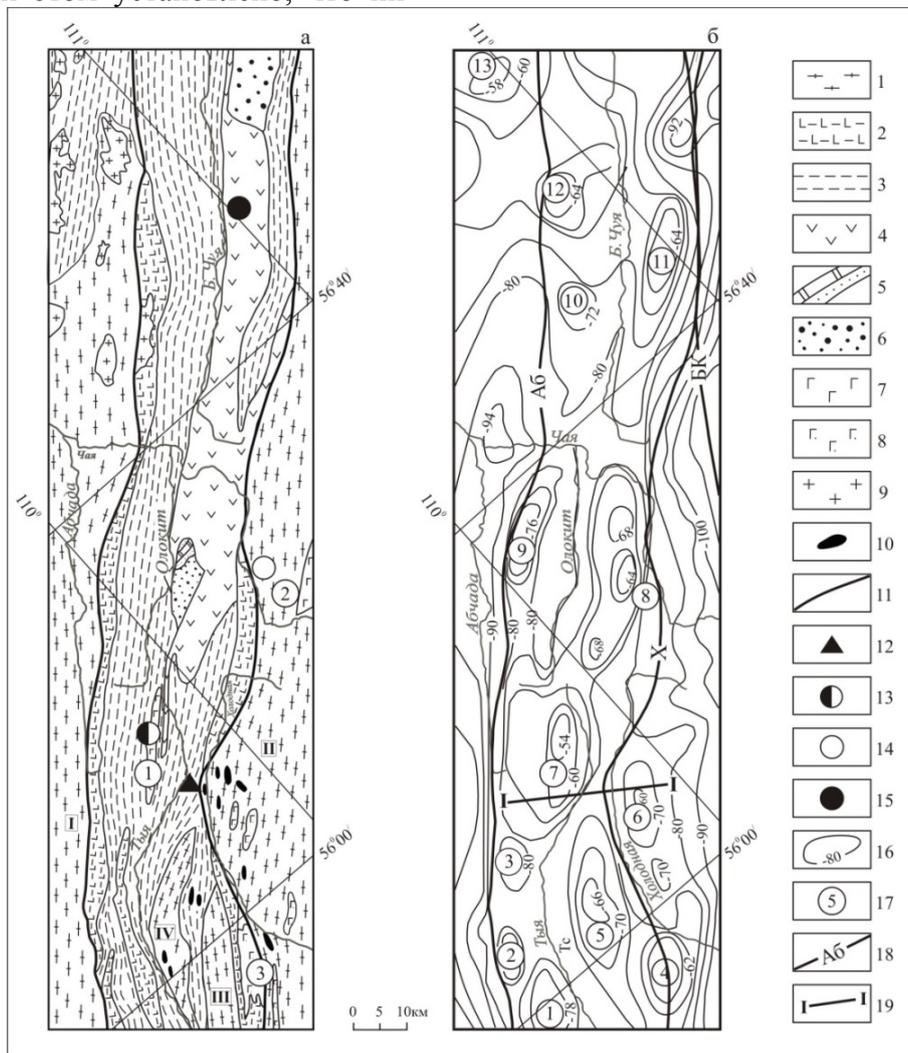


Рис. 2. Схема геологического строения (а) и гравитационных полей (б) Олокитского рифта западной части Северо-Байкальского рудного района.

Рис. 2,а: 1 – раннедокембрийские комплексы; 2–3 – океаническая стадия эволюции рифта в первой половине позднего рифея: 2 – сланцево-метабазальтовые комплексы ранней стадии эволюции рифта, 3 – турбидитовые комплексы поздней стадии эволюции рифта; 4–6 – коллизионная стадия эволюции рифта во второй половине позднего рифея – комплексы Сыннырского рифта: 4 – базальтовый, 5 – терригенно-доломитовый, 6 – молассовый; 7–9 – интрузивные комплексы: 7 – дунит-перидотит-габбровый расслоенный, 8 – перидотит-габбровый, 9 – гранитоидный; 10 – протрузивные реститовые гипербазиты; 11 – разломы, ограничивающие рифты; 12–15 – месторождения: 12 – Холоднинское колчеданно-полиметаллическое, 13 – Йоко-Довыренское медно-никелево-платиновое, 14 – Чайское медно-никелевое, 15 – Нерундинское золоторудное. Раннедокембрийские блоки (римские цифры): I – Мамско-Чуйский, II – Кичерский, III – Маректинский, IV – Унгдарский. Названия массивов магматических пород (цифры в кружках): 1 – Йоко-Довыренский, 2 – Чайский, 3 – Нюрундуканский.

Рис. 2,б: 16 – изолинии гравитационного поля в мГл; 17 – номера гравитационных максимумов (1 – Левоминьский, 2 – Унгдарский, 3 – Тыйский, 4 – Нюрундуканский, 5 – Тья-Холоднинский, 6 – Гасан-Дякитский, 7 – Йоко-Довыренский, 8 – Чайский, 9 – Абчадский, 10 – Безымянный, 11 – Левомамский, 12 – Большечуйский, 13 – Налимдинский); 18 – краевые разломы Олокитского рифтогенного прогиба (Аб – Абчадский, X – Холоднинский, БК – Байкало-Конкудерский); 19 – линия разреза

щающих пород. Следует отметить, что плотность пород Олоkit-Бодайбинского рифта ($2.80\text{--}2.90\text{ г/см}^3$) соответствует базальтоидному типу коры, а Патомской пассивной окраины ($2.60\text{--}2.80\text{ г/см}^3$) – гранитоидному. В Олоkit-Бодайбинском рифте установлена зона положительных гравитационных аномалий с плотностью верхней коры $2.90\text{--}2.80\text{ г/см}^3$, прослеженная от северо-западного побережья оз. Байкал до бассейна р. Бодайбо (правый приток р. Витим) на расстоянии примерно 500 км [1]. При этом было установлено, что высокоплотные породы представлены основными гранулитами, ортосланцами, амфиболитами и ультрабазиитами. На основании этого было сделано заключение, что высокоплотные породы соответствуют верхнерифейскому офиолитовому комплексу [6, 21] или верхнерифейским базальтам [3, 15, 18, 20].

Рассматривая в целом состав верхней коры Северного Прибайкалья, следует отметить, что её гравитационное поле примерно на 80% площади соответствует «гранитному» типу и только на 20% – «базальтовому» [7]. Такое строение верхней части земной коры было обусловлено слабой деструкцией дорифейской континентальной коры в конце среднего и начале верхнего рифея при образовании Байкало-Патомского бассейна. Этот вывод имеет принципиальное значение для металлогенических исследований.

Прогнозно-металлогеническое районирование и рудные формации. При проведении прогнозно-металлогенических исследований было установлено, что подавляющая часть месторождений и рудопроявлений золота, платины, меди, никеля, свинца, цинка, тантала, ниобия, редких земель в Северо-Байкальском рудном районе контролируются рифтогенными структура

ми с океанической корой и рассеянными спрединговыми зонами. Нами на основе данных предшествующих исследований составлена схема структурно-металлогенического районирования СБРР (рис. 3).

Основными единицами предложенной схемы являются металлогенические провинции*, металлогенические зоны (пояса), в пределах которых выделяются рудные зоны и узлы. Все они пространственно приурочены к известным блокам и структурно-вещественным комплексам и, как правило, граничат между собой по тектоническим зонам. Мы, вслед за В.Д. Конкиным (ЦНИГРИ), выделили две основные металлогенические провинции: А – Олоkit-Делюн-Уранскую и Б – Катеро-Удоканскую. Первая провинция, наиболее обширная по территории, включает в себя три металлогенических пояса: А-I – Чуйский, охватывающий структуры Чуйского кратонного террейна, А-II – Олоkitский, включающий структуры собственно Олоkitского рифта и Кичерского метаморфического террейна, А-III – Байкало-Верхнеангарский, охватывающий образования одноименного блока, сложенного, главным образом, палеозойскими гранитоидными породами и кайнозойскими отложениями Верхнеангарской впадины. В Чуйском поясе развиты в основном редкометалльно-редкоземельные проявления полезных ископаемых, в Байкало-Верхнеангарском – золото-редкометалльные.

Наиболее богат разнообразными проявлениями минерального сырья Олоkitский металлогенический пояс (А-II). В геологическом плане этот пояс охватывает породные комплексы собственно Олоkitского рифта. Ведущими для этого пояса являются *полиметаллические руды (колчеданно-свинцово-цинковая и барит-полиметаллическая*

*Как правило, металлогенические провинции охватывают более крупные области – в данном случае провинцией является Байкало-Патомская. Однако здесь и далее редколлегия посчитала возможным сохранить интерпретацию металлогенических таксонов в понимании авторов (прим. ред.).

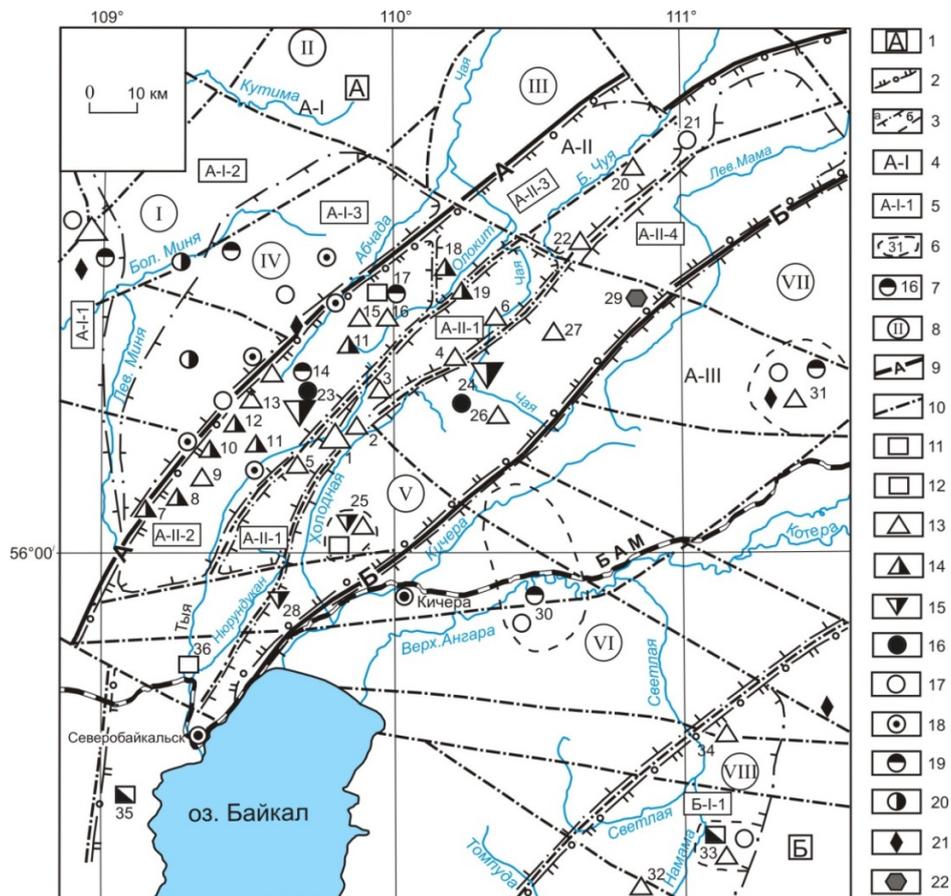


Рис. 3. Схема структурно-металлогенического районирования западной части Северо-Байкальского рудного района [19] с дополнениями и изменениями:

1 – металлогенические провинции (А – Олокит-Делюн-Уранская, Б – Катеро-Удоканская);
 2 – границы металлогенических зон (поясов); 3 – границы рудных зон (а) и узлов (б); 4 – металлогенические зоны (пояса): А-I – Чуйская, А-II – Олокитская, А-III – Байкало-Верхнеангарская;
 5 – рудные зоны: А-I-1 – Левоминьская золото-редкометалльно-полиметаллическая, А-I-2 – Рель-Левоминьская золото-редкометалльно-медная, А-I-3 – Кунерма-Абчадская золото-редкоземельная, А-II-1 – Тья-Холоднинская полиметаллическая и медно-никелевая, А-II-2 – Ондокская медно-никелевая и железо-полиметаллическая, А-II-3 – Олокито-Чуйская полиметаллическая, А-II-4 – Кичеро-Мамская медно-никелевая и нефелиновая, Б-I-1 – Намаминская; 6 – рудные узлы; 7 – месторождения и рудопроявления: 1 – Холоднинское, 2 – Вторая рудная зона, 3 – Космонавтов, 4 – Асектамур, 5 – Оленеферма, 6 – Овгол, 7 – Галенитовое, 8 – Калакачан, 9 – Уокит, 10 – Йоко, 11 – Рыбачий, 12 – Известковое, 13 – Центральное, 14 – Ондoko, 15 – Медвежье, 16 – Чишмандинское, 17 – Абчадское, 18 – Мраморное-1, 19 – Мраморное-2, 20 – Большое-1, 21 – Нерундинское, 22 – Ягниамат, 23 – Байкальское (Йоко-Довыренский массив), 24 – Чайское (Чайский массив), 25 – Гасан-Дякит, 26 – Верхнечайское, 27 – Верхнечайское-2, 28 – Нюрундуканское, 29 – Сыннырское, 30 – Кичерское, 31 – Анамакитское, 32 – Молодежное, 33 – Намаминское, 34 – Безымянное, 35 – Слюдянское, 36 – Тьйское; 8 – номера структурных блоков: I – Киренгский, II – Кутимо-Чайский, III – Мамско-Чуйский, IV – Укучиктинский, V – Олокитский, VI – Байкало-Верхнеангарский, VII – Мамско-Мамаканский, VIII – Баргузино-Котерский; 9 – крупные разломы с зонами дробления и рассланцевания (структурные швы): А – Абчадский, Б – Байкало-Конкудерский; 10 – прочие разрывные нарушения (межблоковые и внутриблоковые). 11- 22 – полезные ископаемые: 11 – железо; 12 – титаномагнетит, ильменит, полиметаллы (Pb, Zn); 13 – холоднинский тип, 14 – миргалимсайский тип; 15 – никель; 16 – платина (МПГ); 17 – золото; 18 – бериллий; 19 – тантал и ниобий; 20 – редкие земли; 21 – молибден; 22 – нефелиновое сырье

формации). По минеральному составу и условиям локализации они делятся на холоднинский и миргалимсайский типы. Основные запасы полиметаллов слагают руды холоднинского типа, они сосредоточены в Холоднинской рудной зоне, где колчеданно-свинцово-цинковое оруденение группируется в черносланцевой толще ондокской свиты в три кулисообразные рудные залежи собственно Холоднинского месторождения и ряд рудопроявлений (Космонавтов, Овгол и др.), образующих Северо-Байкальскую колчеданно-полиметаллическую провинцию [24].

Структура Холоднинского месторождения, положение рудных тел и вмещающих пород в разрезе четко отражаются в аномалиях всех геофизических методов (рис. 4). Падение рудных залежей крутое северо-западное 80°. Мощность рудных залежей и глубина их залегания резко увеличиваются, соответственно до 250 и 1200 м и более. Холоднинская структурно-формационная зона представлена моноклиальной

структурой крутого северо-западного залегания. В её строении участвуют рудовмещающие черносланцевые толщи, колчеданно-полиметаллические руды и карбонатные сланцы мощностью до 800 м. Рудная зона вмещает основные рудные тела Холоднинского месторождения и представлена пластовыми и пласто-линзообразными залежами, залегающими согласно с вмещающими породами ондокской свиты [12]. Колчеданно-полиметаллические руды чередуются со слоями слабоминерализованных сланцев и метаморфических пород и относятся к гидротермально-метасоматическому типу.

Миргалимсайский тип полиметаллического и барит-полиметаллического оруденения распространен, главным образом, в Ондокской рудной зоне и приурочен к карбонатно-терригенным образованиям авкитской свиты (рудопроявления Йоко, Рыбачий, Известковое и др.).

Сульфидная платиноидно-медно-никелевая формация представлена не-

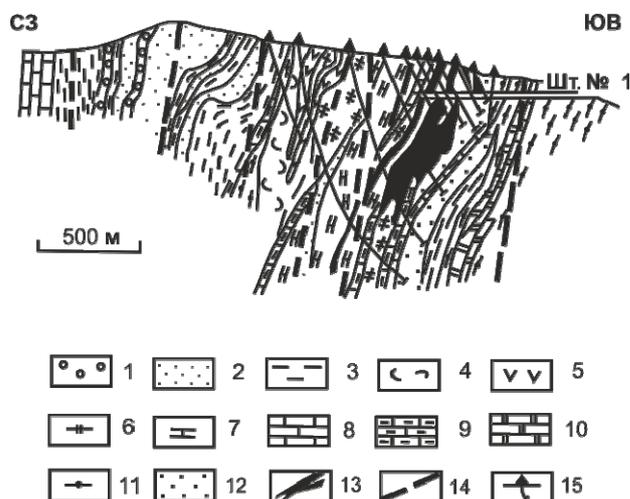


Рис. 4. Модель главной рудной зоны Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения по разведочному профилю 65 [19]:

1–3 – кварцито-сланцевая (рудовмещающая) формация верхнего рифея, ондокская свита: 1 – кварцитосланцы с горизонтами гравелитов, 2 – слюдистые кварциты с горизонтами углеродистых сланцев, 3 – гранатсодержащие графит-кварц-сланцевые сланцы; 4 – метаморфогенно-метасоматические породы; 5 – дайковые тела габбро-диабазов; 6 – углеродисто-кварц-карбонат-сланцевые сланцы; 7 – углеродисто-кварц-сланцевые сланцы; 8 – известняки; 9 – гранат-сланцевые (существенно-карбонатные) сланцы; 10 – доломитовые мраморы; 11 – гранатсодержащие слюдисто-кварцевые сланцы; 12 – углеродисто-карбонат-сланцевые сланцы; 13 – колчеданные и колчеданно-полиметаллические рудные тела; 14 – разрывные нарушения; 15 – разведочные скважины

сколькими базит-гипербазитовыми массивами, которые являются продуктами магматической деятельности разных геодинамических обстановок. Наиболее перспективным на благородные металлы и металлы платиновой группы (МПГ) является Йоко-Довыренский расслоенный дунит-троктолит-габбровый массив с возрастом 728.4 ± 3.4 млн лет, расположенный в пределах Олоkitского рифтогенного прогиба [2]. Массив вмещает вкрапленные и массивные сульфидные медно-никелевые руды, пространственно и генетически связанные с приподошвенными плагиоцерцолитами (Байкальское месторождение), а также малосульфидное платинометалльное оруденение, которое приурочено к горизонту развития такситовых габброидов и анортозитов (Риф I). Нашими исследованиями показано, что все типы руд Байкальского месторождения содержат платиноиды. Для них характерно преобладание Pd (0,034–6,000 г/т) над Pt (0,020–0,380 г/т) при величине отношения $Pt/Pd=0,06–0,71$. Концентрация остальных МПГ достигает (г/т): Rh – 0,018, Ru – 0,045, Ir – 0,033 и Os – 0,021 г/т. Кроме того, во всех типах руд отмечается Au (до 0,7 г/т). Горизонт малосульфидного платинометалльного оруденения Рифа I прослеживается примерно на 18 км. Суммарная концентрация МПГ колеблется от 0,3 до 12,1 г/т при содержаниях Cu 0,006–0,710, Ni 0,023–0,430 мас.%. Оруденение Рифа I характеризуется также высокими содержаниями Au (до 3,2 г/т). Здесь выявлено 14 минералов МПГ и 6 минералов золота и серебра. По нашим оценкам прогнозные ресурсы на МПГ по всем типам оруденения в массиве составляют по Pd – 84 т, по Pt – 98 т, по Au – 36 т. Слабоизученными, но перспективными в отношении МПГ являются Авкитский и Ньюрундуканский массивы, расположенные непосредственно в зоне Олоkitского рифта на флангах Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения. Чайский дунит-периidotит-габбронори-

товый массив расположен в зоне сочленения Кичеро-Мамского антиклинория с Олоkitским прогибом. Оруденение связано с пироксенитами. Разведанные запасы Ni составляют 260 тыс. т, Cu – 86 тыс. т, Co – 10,7 тыс. т. Прогнозные ресурсы Ni оценены в 800 тыс. т, Cu – 270 тыс. т и Co – 33 тыс. т. Повышенные содержания МПГ установлены в массивных рудах месторождения: Pt – до 0,55, Pd – до 0,20, Rh – до 0,02 г/т.

На востоке Северо-Байкальского рудного района интерес представляет Среднемамаканский лерцолит-пироксенит-габбровый массив, расположенный в пределах верхнерифейской Келянской островодужной системы. В пределах этого массива установлено сульфидное оруденение с платиноидами, прогнозные ресурсы которого оценены по категории P_3 в 10 т. Среднемамаканский массив по многим параметрам сопоставляется с Йоко-Довыренским и является перспективным на выявление платиноидов малосульфидного типа. К этой же группе массивов относится Маринкинский массив с возрастом 835 ± 12 млн лет [14]. Наиболее богатое сульфидное Cu-Ni оруденение приурочено к центральной ультраосновной части массива. В рудах выявлены повышенные концентрации Pt (до 0,5 г/т) и Pd (до 0,65 г/т). Ресурсы платиноидов по категории P_3 оцениваются в 8 т. Большой интерес представляет платиносодержащая золоторудная формация, объекты которой располагаются в Келяно-Ирокиндинской, Самокутской, Каменной, Каралонской и Кедрово-Витимконской золоторудных зонах Келянского островодужного террейна.

К платиносодержащей хромитовой формации, связанной с формированием рифейских спрединговых (офиолитовых) зон, относится Шаманский гипербазитовый массив. На его площади известно около 15 точек хромитовой минерализации, представленной жилами и шпировыми обособлениями сплошных хромититов. Ресурсы хромитовых руд по категории P_3 оцениваются

в 40 млн т. По единичным анализам в хромититах отмечается Pt от 0,8–1,25 до 2,44 г/т, в среднем 1 г/т. Кроме того, весьма высокое содержание Pd выявлено в рудной хромит-магнетитовой фракции.

Таким образом, наиболее перспективной на поиски коренных месторождений платиноидов является сульфидная платиноидно-медно-никелевая формация. Месторождения МПГ в мафит-ультрамафитовых расслоенных комплексах составляют основную базу добычи платиновых металлов за рубежом. Первоочередным объектом для поисков и оценки служит рудный узел в районе подготавливаемого к эксплуатации Холоднинского свинцово-цинкового месторождения и Йоко-Довыренский массив. Данные геофизических методов позволяют прогнозировать наличие в глубинных плагиоперидотитах Йоко-Довыренского массива богатых сульфидных руд, в том числе платино- и золотосодержащих. Здесь же располагаются несколько крупных расслоенных никеленосных интрузивов, перспективных на МПГ, – Чайский, Нюрундуканский, Гасан-Дякитский, Водопадный, Авкитский.

Северо-Байкальский рудный район также перспективен на редкие металлы. Здесь выявлены проявления Дылымдыкит, включающее 76 жил, Двуглавое и Анамакитское штокверковое с содержанием молибдена 0,17 %. Прогнозные ресурсы молибдена по категории P_2 составляют 76,5 тыс. т. В Светлинской рудной зоне, Намаминском районе известны Арбунское и Уколкитское штокверковые молибденовые проявления с содержанием металла 0,1 %. Известны Левоминьская и Рель-Левоминьская золоторедкометалльные зоны, Абчадский, Укучиктинский, Уокитский участки редкометалльных пегматитов, несущие бериллиевое оруждение. Пегматитовые жилы Абчадского разлома представляют редкоземельно-бериллиевый альбит-амазонитовый тип, содержащий тантало-ниобаты, редкие

земели и берилл. Запасы окиси бериллия известных участков составляют 9000 т.

Золото-сульфидная и золото-сульфидно-кварцевая формации Северо-Байкальского рудного района относятся к следующим минералого-морфологическим типам: золото-сульфидно-колчеданному прожилково-вкрапленному; золото-сульфидно-кварцевому прожилково-вкрапленному; золото-сульфидно-кварцевому жильному. Пространственное их размещение контролируется рифтовыми структурами с океанической корой. Олокит-Бодайбинский рифт вмещает на юго-западе Нерундинское месторождение золота и многочисленные золоторудные проявления, на северо-востоке золоторудное месторождение Сухой Лог и другие месторождения Бодайбинского района. Для оценки перспектив золотоносности Олокитского сегмента его необходимо сравнить с Бодайбинским сегментом. Они идентичны по геологическому и глубинному строению. Это сравнение свидетельствует по нашему мнению, о высокой перспективности на золото Олокитского сегмента рифта с океанической корой (см. рис.2).

В целом, проявления золота в Северобайкалье распространены очень широко. Перспективны на золото Намаминская золото-полиметаллическая зона и Анамакитский рудный узел. Золото отмечено в Левоминьской, Рель-Левоминьской, Кунерма-Абчадской зонах и Кичерском узле. В локальных спрединговых зонах Верхневитимского турбидитового террейна расположены золоторудные проявления: Скалистое, Карафтитское, Бурундинское, Давыкша, Верхнехалинское, Рудная Горка, Рябцевское, Горное. Нами изучены Шаманская и Бурлинская спрединговые зоны. Базальты их относятся к E-MORB-типу. Эти зоны контролируют многочисленные золотоносные россыпи Баргузинской и Баунтовской тайги.



Рис. 5. Схема предполагаемого размещения горно-обогатительных комбинатов в Северо-Байкальском рудном районе

Перспективы промышленного освоения Северо-Байкальского рудного района (рис.5). Рудный район рассматривается как крупный промышленный узел минерально-сырьевого профиля, который в будущем может стать основой для формирования Холоднинского (Pb, Zn, Au), Йоко-Довыренского (Cu, Ni, Au, МПГ), Чайского (Ni, Co, Cu), Ирокиндинского (Au), Молодежного (асбест, Au), Ореkitканского (Mo) и других горно-обогатительных комбинатов Северо-Байкальского территориально-промышленного комплекса (ТПК) в зоне хозяйственного освоения Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ) [4, 9, 17].

Важнейшими составляющими для формирования ТПК являются Тья-Холоднинская и Ондоко-Олокитская полиметаллические зоны, Кичеро-Чайская и Йоко-Довыренская медно-никелевые зоны с МПГ, Байкало-Верхнеангарская золото-редкометаллическая, Чуйская золото-редкометаллическая и редкоземельная зоны, Авкит-Тыйская зона платиноидов, Намаминский золото-редкометаллическо-полиметаллический рудный район и другие. В их пределах выявлено 70 объектов, перспективных на 14 видов полезных ископаемых. В Холоднинской рудной зоне выявлено крупнейшее в стране и мире Холоднинское колчеданно-полиметаллическое

месторождение и около 20 рудопроявлений. При среднем содержании в руде суммы цинка и свинца 6% прогнозные запасы суммы металлов составят 26,67 млн т, то-есть, в 2,5 раза больше подсчитанных запасов на Озерном свинцово-цинковом месторождении Еравнинского рудного района. Большие перспективы на поиски полиметаллов и золота имеют Ондоко-Олокитская зона и Намаминский рудный узел, на медно-никелевые руды и МПГ – Йоко-Довыренское и Чайское рудные поля, сынныриты и нефелиновые сиениты Сыннырского рудного узла, как сырье на алюминий, редкие земли и калийные удобрения.

Выводы

1. Северо-Байкальский рудный район в геологическом плане охватывает северную часть Байкальской складчатой области. Проведенными работами установлен рифтогенный (спрединговый) стиль геодинамической эволюции Байкальской складчатой области в позднем рифее, связанные с заложением и развитием Палеоазиатского океана. В настоящее время выделен ряд перспективных рудных зон, связанных с формированием рифтогенных структур с океанической корой. Базальты этих структур относятся к E-MORB типу и ассоциируют с базит-гипербазитовыми комплексами. Установлено, что Оло-

китский рифтогенный прогиб контролирует размещение полиметаллических, платиноидных и золотых месторождений, в том числе крупнейшего в стране Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения и Йоко-Довыренского расслоенного дунит-троктолит-габбрового массива, содержащего сульфидные медно-никелевые, малосульфидные платиновые, золото-рудные и другие полезные ископаемые.

2. В результате прогнозно-металлогенических исследований было установлено, что в рудном районе наибольший интерес представляют стратегические ресурсы МПГ, образующих Северобайкальскую платиноносную провинцию. Наиболее значимые проявления МПГ в первую очередь связаны с разнообразными рифейскими комплексами пород базитового и ультрабазитового составов с медно-никелевым или хромитовым оруденением. Здесь также выявлены и другие виды платинометаллических рудопоявлений с вулканогенно-терригенными (золото-кварц-сульфидные руды) и черносланцевыми (колчеданно-полиметаллические руды) толщами, а также с золотоносными россыпями.

3. Анализ сырьевого потенциала на Ni, Cu и МПГ Северобайкальской провинции свидетельствует о необходимости, во-первых, доразведки известных ультрабазит-базитовых массивов и постановки новых поисково-оценочных работ на малоизученных интрузивах с медно-никелевой специализацией и, во-вторых, комплексного использования платиносодержащих руд различных месторождений. Поэтому актуальной задачей является не только организация научно-исследовательских и поисково-оценочных работ, но и разработка соответствующих технологий извлечения МПГ из различных типов руд и россыпей золота.

4. Стратегия экономического развития Сибири и Республики Бурятия во многом базируется на освоении минерально-сырьевой базы благородных,

черных, цветных, редких металлов и топливно-энергетического сырья, в том числе стратегического минерального сырья (золота, платины, свинца, серебра, меди, никеля, хрома, редких и редкоземельных элементов). Северо-Байкальский рудный район, расположенный в зоне БАМ, в настоящее время рассматривается как крупный промышленный узел минерально-сырьевого профиля, который в будущем может стать основой для формирования Северо-Байкальского территориально-промышленного комплекса (ТПК).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 27.3. и ОНЗ РАН № 10.1., № 2.1.

Библиографический список

1. Алакшин А.М., Лысак С.В., Письменный Б.М. и др. Глубинное строение и геодинамика Саяно-Байкальской горной области и сопредельных районов Восточной Сибири // Глубинное строение территории СССР. М.: Наука, 1991. С. 88–105.
2. Арискин А.А., Конников Э.Г., Данышевский Л.В. и др. Геохронология Довыренского интрузивного комплекса в неопротерозое (Северное Прибайкалье, Россия) // Геохимия. 2013. № 11. С. 955–972.
3. Архангельская В.В. Месторождения полезных ископаемых Патомского нагорья и их структурное положение // Разведка и охрана недр. 2012. № 4. С. 7–10.
4. Бахтин В.И., Семенов М.И., Шагжиев К.Ш. Геологоразведка и горная промышленность Бурятии: прошлое, настоящее и будущее. Улан-Удэ: Изд-во Бур. гос. ун-та, 2003. 272 с.
5. Булгатов А.Н. Тектонотип байкалид. Новосибирск: Наука, 1983. 193 с.
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. Геодина-

мическая карта Байкальского региона и сопредельных территорий. Масштаб 1:2 000 000. CD ROM. Улан-Удэ: Геологический институт СО РАН, 2004.

8. Великославинский С.Д., Глебовицкий В.А. Новая дискриминантная диаграмма для классификации островодужных и континентальных базальтов на основе петрохимических данных // Доклады РАН. 2005. Т. 401, № 2. С. 213–216.

9. Гордиенко И.В. Наука и хозяйственное освоение зоны БАМа // Трасса мужества. Бурятский участок БАМа. Улан-Удэ: Изд-во ОАО «Республиканская типография», 2005. С. 213–216.

10. Гордиенко И.В., Булгатов А.Н., Орсов Д.А. Геодинамические обстановки и металлогения Саяно-Байкальской горной области // Отечественная геология. 2013. № 3. С. 7–15.

11. Гордиенко И.В., Миронов А.Г. Геодинамическая и металлогеническая эволюция Забайкалья в позднем рифее-палеозое // Отечественная геология. 2008. № 3. С. 46–57.

12. Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р., Тарасова Р.С. и др. Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение в докембрии Прибайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 308 с.

13. Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М. и др. Палеопротерозойские гранитоиды Чуйского и Кутимского комплексов (юг Сибирского кратона): возраст, петрогенезис и геодинамическая природа // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, №3. С. 371–389.

14. Изох А.Э., Поляков Г.В., Гибшер А.С. и др. Высокоглиноземистые расслоенные габброиды Центрально-Азиатского складчатого пояса: геохимические особенности, Sm-Nd изотопный возраст и геодинамические условия формирования // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 11. С. 1565–1577.

15. Кузьмин М.И., Ярмолук В.В., Спиридонов А.И. и др. Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского

неопротерозойского прогиба // Доклады АН. 2006. Т. 407, № 6. С. 793–797.

16. Макрыгина В.А., Петрова З.И., Сандимирова Г.П., Пахолченко Ю.А. Новые данные о возрасте толщ, обрамляющих Чуйское и Прибайкальское поднятия // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 7. С. 714–722.

17. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Т.1: Прогнозно-металлогенический анализ / под ред. О.В. Петрова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 224 с.

18. Митрофанов Г.Л. Тектонические закономерности размещения и формирование месторождений благородных металлов южного обрамления Сибирской платформы: дис. ... д-ра геол.-минералог. наук в форме научного доклада. М.: ИГЕМ РАН, 2006. 44 с.

19. Нефедьев М.А. Моделирование и оценка перспектив рудных полей и месторождений Северо-Байкальского рудного района по геофизическим данным. Новосибирск: Изд-во "Гео", 2011. 208 с.

20. Рундквист Д.В. Особенности геологического развития и металлогения байкалид // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М.: Наука, 1990. С. 44–65.

21. Русинов В.Л., Русинова О.В., Борисовский С.Е., Алышева Э.И. Состав метасоматических минералов золоторудного месторождения Сухой Лог как критерии связи с базит-гипербазитовым магматизмом // Доклады АН. 2005. Т. 405. С. 661–665.

22. Рыцк Е.Ю., Ковач В.П., Коваленко В.И., Ярмолук В.В. Структура и эволюция континентальной коры Байкальской складчатой области // Геотектоника. 2007. № 6. С. 23–51.

23. Рыцк Е.Ю., Шалаев В.С., Ризванова Н.Г. и др. Олоkitская зона Байкальской складчатой области: новые изотопно-геохронологические и петрогеохимические данные // Геотектоника. 2002. № 1. С. 29–41.

24. Шобогоров П.Ч. О Северо-Байкальской колчеданно-полиметалли-

ческой провинции // Материалы по минералогии, геохимии и петрографии За-

байкаля. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1971. Вып. 3. С. 3–10.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук,
профессор Иркутского государственного технического университета Ж.В. Семинский