DOI:10.47765/0869-7175-2023-10010

УДК 553.44
© Коллектив авторов, 2023

Проблемы генезиса месторождений Озернинского полиметаллического рудного узла (Западное Забайкалье, Россия)

Озернинский рудный узел представляет собой уникальную по концентрации богатого и разнообразного оруденения геологическую мегаструктуру. Здесь сосредоточено более 20 месторождений свинца, цинка, железа, меди, барита, золота, в том числе крупнейшее в России по запасам цинка Озерное полиметаллическое месторождение. Проведённые нами исследования показали, что многие морфологические признаки руд этого месторождения, которое большинством исследователей относится к гидротермально-осадочному типу, неоднозначны, наблюдаются признаки метасоматического происхождения сульфидной минерализации. Наряду со свинцово-цинковыми в пределах Озернинского узла известны комплексные золотополиметаллические, железооксидные (гематит-магнетитовые) и медно-баритовые месторождения, происхождение которых остаётся дискуссионным. В связи с широким развитием экзогенных месторождений золота существует необходимость оценки золотоносности разных типов эндогенной рудной минерализации как потенциальных источников благородных металлов. Несмотря на достаточно длительный период исследований Озернинского рудного узла (более полувека), многие вопросы, касающиеся соотношений разных типов минерализации, возраста, генезиса руд, геодинамических обстановок формирования месторождений, до сих пор остаются предметом дискуссий. Решение этих вопросов требует более детальных геохронологических и литолого-стратиграфических исследований, проведённых в комплексе с изучением минерального состава руд, их изотопно-геохимических характеристик и физико-химических условий формирования.

Ключевые слова: Озернинский рудный узел, полиметаллические руды, проблемы генезиса.

ДАМДИНОВ БУЛАТ БАТУЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе [1], damdinov@mail.ru

ВИКЕНТЬЕВ ИЛЬЯ ВЛАДИМИРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник [1], ilyavikentev@rambler.ru

ДАМДИНОВА ЛЮДМИЛА БОРИСОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник [1], ludamdinova@mail.ru

МИНИНА ОЛЬГА РОМАНОВНА, доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией [1], yaksha@rambler.ru

ЖМОДИК СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник [1], zhmodik@igm.nsc.ru

СОБОЛЕВ ИВАН ДМИТРИЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник [2], id_sobolev@igem.ru

ТЮКОВА ЕВГЕНИЯ ЭРАСТОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник [2], evgtyuk@mail.ru

СПИРИНА АДЕЛИНА ВЛАДИМИРОВНА, младший научный сотрудник [1], shakhtiyarova@bk.ru

ИЗВЕКОВА АЛЕКСАНДРА ДМИТРИЕВНА, младший научный сотрудник [1], boxjer@mail.ru

МОСКВИТИНА МАРИЯ ЛЕОНИДОВНА, аспирант [1], homasca@mail.ru

САЖИНА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА, аспирант [1], skuratova.tatyana@list.ru

БАДМАЖАПОВ БАТО БАТОРОВИЧ, аспирант [1], badmazapovbato@gmail.com

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), г. Улан-Удэ

[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва

Problems of the genesis of ore deposits of the Ozerninsky polymetallic ore cluster (western Transbaikalian region, Russia)

B. B. DAMDINOV[1], I. V. VIKENTIEV[1], L. B. DAMDINOVA[1], O. R. MININA[1], S. M. ZHMODIK[1], I. D. SOBOLEV[2], E. E. TYUKOVA[2], A. V. SPIRINA[1], A. D. IZVEKOVA[1], M. L. MOSKVITINA[1], T. I. SAZHINA[1], B. B. BADMAZHAPOV[1]

[1] Dobretsov Geological Institute, Siberia Branch, Russian Academy of Sciences (SB RAS), Ulan-Ude

[2] Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences (RAS), Moscow

The Ozerninsky ore cluster is a unique geological megastructure in terms of the concentration of rich and diverse mineralization. More than 20 deposits of lead, zinc, iron, copper, barite, and gold are concentrated here, including the Ozernoye polymetallic deposit, the largest in Russia in terms of the zinc reserve. Our studies have shown that many morphological features of the ores of this deposit, which most researchers assign to the hydrothermal-sedimentary type, are ambiguous; some signs of a metasomatic origin of the sulfide mineralization are observed. Along with lead-zinc deposits, complex gold-polymetallic, iron-oxide (hematite-magnetite), and copper-barite deposits are known within the Ozerninsky ore cluster, the origin of which remains debatable. Due to the wide distribution of exogenous gold deposits, there exists a need to assess the gold content of various types of the endogenous ore mineralization as potential sources of the precious metals. Despite the rather long period of studies of the Ozerninsky ore cluster (more than half a century), many questions related to ratios of the different mineralization types, the age, genesis of the ores, and geodynamic settings of formation of the deposits are still the subject of discussion. Solution of these issues requires more detailed geochronological and lithological-stratigraphic investigations conducted in combination with studying the mineral composition of the ores, their isotope-geochemical characteristics, and the physico-chemical formation conditions.

Key words: Ozerninsky ore cluster, polymetallic ores, ore deposit genesis problems.

Введение. Озернинский бор-барит-железо-медь-золото-свинцово-цинковый рудный узел Ерав-нинского рудного района расположен на южной окраине Витимского плоскогорья в Западном Забайкалье [5]. Рудный узел представляет собой уникальный объект, характеризующийся развитием генетически разных типов рудной минерализации, развитых в пределах единой рудоносной мегаструктуры. Здесь сосредоточено более 20 месторождений свинца, цинка, железа, меди, барита, золота, в том числе крупнейшее в России по запасам цинка Озерное полиметаллическое месторождение.

Исследования рудной минерализации в Озернинском рудном узле были начаты в связи с находками железных руд в 1960 г. В период с 1961 по 1964 гг. было выявлено большинство крупных месторождений: Озерное и Ульзутуйское полиметаллические, Гематитовое, Магнетитовое, Гурвунурское, Аришинское железорудные, Туркульское и Гундуйское железо-медно-баритовые. Геологическое изучение этих месторождений длится уже около 60 лет. В то же время, несмотря на такой длительный период исследований, единого мнения о строении и генезисе месторождений Озернинского узла нет. Это касается как Озерного Pb-Zn месторождения – крупнейшего объекта рудного узла, так и месторождений других типов, оценка которых не была завершена. При этом принятая генетическая модель месторождения может напрямую влиять на его промышленную значимость. Особенно хорошо это видно на примере Озерного месторождения. На геологическом разрезе месторождения, составленном Д. И. Царевым на базе гидротермально-метасоматической модели [32, 33], видно, что рудные тела имеют линзовидную морфологию и относительно небольшие размеры. Тогда как разрез, построенный на основе гидротермально-осадочной модели, отражает стратиформную пластовую морфологию рудных тел и, соответственно, заметно большие запасы руд, чем в предыдущем случае [27].

Таким образом, выявление генезиса месторождений необходимо как для правильной оценки промышленной значимости месторождений, так и для проведения региональных прогнозно-металлогенических построений в регионе для оценки возможности находок новых, в том числе не выходящих на поверхность, рудных месторождений.

Представленная статья посвящена обсуждению актуальных проблем генезиса разных типов рудной минерализации, развитых в пределах Озернинского рудного узла, с акцентом на крупнейший объект – Озерное полиметаллическое месторождение. Следует заметить, что как генетические вопросы, так и ряд других аспектов в геологии Озернинского рудного узла до сих пор остаются предметом дискуссий.

Геологическое строение Озернинского рудного узла, проблемы стратиграфии и магматизма. Сведения о геологическом строении Озернинского рудного узла опубликованы в ряде работ [2, 3, 5, 7, 14, 22 и др.]. В тектоническом плане эта территория рассматривается как палеозойская Удино-Витимская островодужная система (УВОС), в состав которой входит крупная Еравнинская вулкано-тектоническая структура (ВТС) [4, 5]. К Еравнинской ВТС, слагающей провес кровли среди позднепалеозойских гранитоидов Ангаро-Витимского батолита, приурочен Озернинский рудный узел площадью около 250 км^2. Однако данные бурения единичных глубоких скважин не подтвердили наличие повсеместного гранитоидного фундамента, несмотря на геофизический прогноз его наличия. Более того, данные магнитотеллурического зондирования также доказывают существование флюидоподводящего канала в глубинной части Озернинского рудного узла [16]. С учётом наличия молодых датировок интрузивных комплексов напрашивается вывод, что Еравнинская структура представляет собой не провес кровли гранитоидов, а самостоятельный тектонический блок, инъецированный более молодыми магматическими образованиями.

Основная часть Озернинского рудного узла сложена стратифицированными терригенно-карбонатно-вулканогенными образованиями палеозойского возраста, прорванными многочисленными интрузивными (гранитоиды, сиениты) и субвулканическими породами (долериты, диоритовые порфириты, сиенит-порфиры и др.) [5]. Временные интервалы вещественных комплексов, развитых в Озернинском рудном узле, варьируют в пределах 530–270 млн лет. Результаты исследований детритовых цирконов, среди которых установлены докембрийские, свидетельствуют о присутствии в пределах узла докембрийских пород, выходы которых пока не установлены, но известны в окружающих Еравнинскую структуру террейнах [17, 24, 25].

В структурном отношении Озернинский останец имеет блоковое строение и в общем виде представляет собой пологую моноклиналь, осложнённую синклинальными и антиклинальными структурами [14]. Осевую часть Озернинской структуры занимает Центральный прогиб, шириной до 6 км, осложнённый локальными впадинами, в которых локализуются тела сульфидных и сидеритовых руд. Железооксидные месторождения группируются преимущественно северо-западнее и юго-восточнее Центрального прогиба. Локальные впадины характеризуются положительными (в гравитационном поле) и повышенными (в магнитном поле) параметрами, что обусловлено повышенной здесь мощностью вулканогенно-осадочных толщ. Разрывные нарушения, развитые в пределах рудного узла, имеют преимущественно северо-западное, северо-восточное, субмеридиональное простирание и фиксируются зонами низких сопротивлений. Однако складчатые структуры в геофизических полях не отражаются, а выделяются, согласно объёмной геофизической модели, три крупных блока: опущенные Юго-Западный (Озернинский) и Северо-Восточный (Ульзутуйский) и приподнятый (Назаровский) [20]. Отмечается общее погружение вулканогенно-осадочных толщ от бортов к центру Озернинского останца по серии субвертикальных сбросов. Таким образом, можно констатировать, что противоречия во взглядах на строение Озернинского рудного узла отмечаются уже при изучении его структурно-тектонического строения.

Дискуссионны и вопросы стратиграфии Озернинского рудного узла. По данным геологоразведочных работ [27] и более поздних (в рамках ГДП-200 [22]), также работ ряда исследователей [7, 14], все рудные месторождения Озернинского полиметаллического узла приурочены к карбонатно-терригенно-вулканогенным отложениям олдындинской свиты.

Согласно схеме стратиграфии, выработанной при геологоразведочных работах, в составе олдындинской свиты выделены две подсвиты [22, 28 и др.]. Нижняя подсвита включает 2 пачки – северную и гурвунурскую. Северная пачка, мощностью не менее 580 м, прослеживается в северо-западной и северной частях рудного узла. Сложена туфами и лавами эффузивов кислого, реже среднего составов, кремнистыми и углистыми туффитами, переслаивающимися с пелитоморфными известняками и известняковыми гравелитами. Гурвунурская пачка (мощность 520 м) представлена туфами и лавами кислого состава, переслаивающимися туффитами, углистыми туффитами, известняками, туфами. Верхняя подсвита включает также две пачки. Сухореченская пачка (мощность около 500 м) сложена туфами и лавами кислого и среднего составов, известковистыми алевролитами, алевритистыми известняками, доломитами.

Озерная пачка имеет мощность около 630 м и является вмещающей для руд Озерного свинцово-цинкового месторождения. Нижняя часть озерной пачки (120–160 м) сложена туфами и лавами среднего и кислого составов, а верхняя (200–250 м) – туфами, известковистыми и кремнистыми, нередко углистыми мелкообломочными туффитами, серыми слоистыми и массивными известняками, рифогенными известняками с остатками археоциат и водорослей, известняковыми брекчиями и гравелитами с туфогенно-карбонатным цементом.

В результате исследований последних лет в Еравнинской зоне, включающей Озернинский рудный узел, кроме нижнепалеозойских, установлены средне- и верхнепалеозойские образования [4, 18, 24, 25]. В её пределах локализованы каледонский ($Є–O_2$), раннегерцинский ($S_2–C_1$) и позднегерцинский структурно-формационные комплексы, находящиеся в сложных структурных соотношениях.

Каледонский комплекс представлен дифференцированными вулканитами, ассоциирующими с известняками олдындинской свиты, и субвулканическими телами олдындинского комплекса. В составе олдындинской свиты (мощность от 250 до 1600 м) выделены две подсвиты. Нижняя подсвита представлена биогермными известняками и туфово-тефроидной толщей дацитов и андезитов с прослоями грубых вулканомиктов. Видовой состав археоциат, трилобитов и водорослей соответствует атдабанскому–тойонскому ярусам нижнего кембрия [35 и др.]. Возраст вулканитов – 529–530,8 млн лет, что соответствует нижнему кембрию. Верхняя подсвита сложена вулканитами андезит-дацит-риолитового ряда, смешанными с вулканомиктами. Известняки здесь практически полностью отсутствуют. U-Pb возраст вулканитов определён в 517–466 млн лет и соответствует тойонскому веку раннего кембрия–среднему ордовику [4, 25]. В составе раннегерцинского комплекса ($S_2–C_1$) рассматриваются карбонатно-терригенная озернинская ($S_2?–D_3f$), терригенно-туфогенная кыджимитская ($D_3fm–C_1t$) и туфогенно-карбонатно-терригенная ульзутуйская (C1v–s) толщи, выделенные из состава олдындинской свиты [18, 25]. Озернинская толща является основанием разреза среднепалеозойского комплекса и несогласно с базальными конгломератами залегает на нижнепалеозойских известняках и вулканитах олдындинской свиты.

Позднегерцинский комплекс ($C_2–P_2$) представлен вулканитами среднего и основного составов сурхебтинской толщи ($C_{2–3}$) и кислого состава тамирской свиты (P_2) [4, 5, 25]. Верхнепалеозойские вулканиты образуют единую ассоциацию с гранитами зазинского комплекса, являясь составной частью трансрегионального Селенгино-Витимского вулкано-плутонического пояса [36].

На Государственной геологической карте масштаба 1:200 000 второго поколения (ГГК-200/2) выделены нижнекембрийская олдындинская свита, верхнедевонская исташинская и верхнедевонско-нижнекаменноугольная химгильдинская свиты, считавшиеся ранее нижнепалеозойскими [22]. Объёмы свит пересмотрены, в состав исташинской и химгильдинской свит включены отложения, выделенные из олдындинской свиты в пределах Озернинского рудного узла.

Как видно из рис. 1, единая рудовмещающая олдындинская свита разделена на разновозрастные толщи лишь в пределах участка, занимающего чуть больше трети площади Озернинского узла, на водоразделе рек Ульзутуй–Сурхебт, что связано со степенью детальности изучения отложений. Следует отметить, что к настоящему времени получены новые данные о раннекаменноугольном возрасте (мшанки, водоросли, миоспоры) озёрной пачки рудоносной толщи Озерного месторождения [17]. Состав, строение и возраст изученной части разреза озёрной пачки позволяют сопоставить её с кыджимитской и ульзутуйской толщами, распространёнными на участке Ульзутуй–Сурхебт. Дальнейшие исследования позволят уточнить строение рудовмещающей толщи на всей площади рудного узла.

В таблице приведены опубликованные к настоящему времени данные по возрасту магматических образований и руд Озернинского рудного узла. Общий интервал изотопных датировок охватывает интервал 529–200 млн лет. Причём в ряде случаев породы, относящиеся к одной и той же (олдындинской) свите, показывают значительные вариации значений возраста – более 500, 466 и около 300 млн лет. Это косвенно подтверждает тот факт, что ранее в состав олдындинской свиты были включены разновозрастные образования. Имеющиеся две датировки гранитоидов попадают в интервал 287,1–303,8 млн лет и отвечают возрасту гранитоидов зазинского комплекса, входящих в состав Ангаро-Витимского батолита [34]. При этом наблюдаемое разнообразие генетических типов рудной минерализации в пределах Озернинского рудного узла, а также имеющиеся

значения возраста апатита и браннерита свидетельствуют о полиэтапности периодов рудообразования, связь которых с определёнными эндогенными процессами не выявлена. Например, имеющаяся датировка апатит-магнетитовых руд по апатиту (422 ± 20 млн лет) не соответствует известным возрастам магматических пород, присутствующих в рассматриваемом районе.

В целом можно отметить, что существующие геохронологические данные по возрасту пород и руд Озернинского рудного узла немногочисленны и противоречивы, следовательно, делать выводы о возрастных этапах магматизма и рудообразования в настоящее время затруднительно.

Типы рудной минерализации Озернинского рудного узла. Главным промышленным объектом рудного узла является крупнейшее в России по запасам цинка, одно из крупнейших по свинцу, а также ряду других компонентов (Cd, In, Ag и др.) Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение.

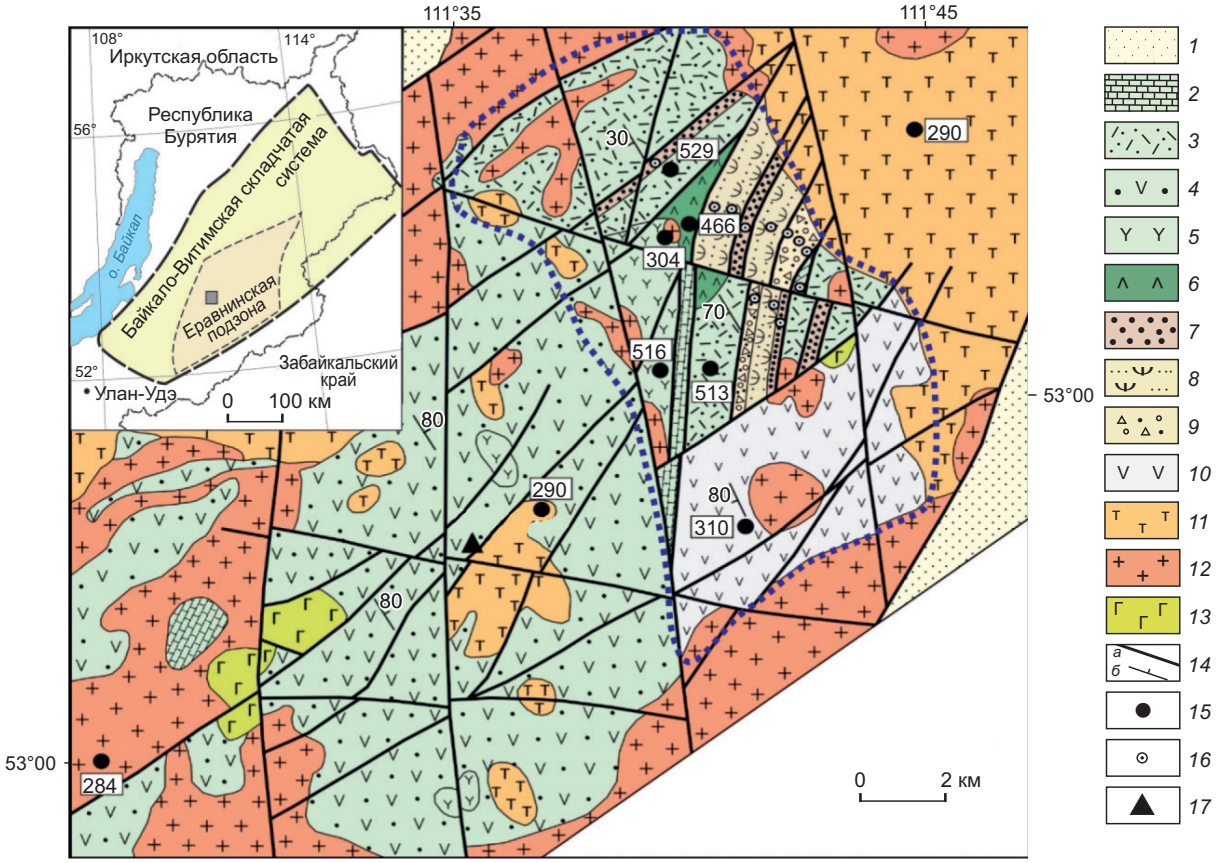


Рис. 1. Схема геологического строения Еравнинской вулкано-тектонической структуры (Озернинский рудный узел). *По [17], с дополнением*:

1 – мезо-кайнозойские отложения впадин; *2–4* – островодужный комплекс – олдындинская свита ($Є_1O_2ol$): *2* – терригенно-карбонатная толща, *3* – риолитовая толща, *4* – андезит-дацитовая толща; *5* – олдындинский субвулканический комплекс ($πЄ_1ol$); *6* – андезитовая толща (O_2); *7–10* – комплекс верхнепалеозойских отложений: *7* – озернинская карбонатно-терригенная толща ($S_2?–D_3f$), *8* – кыджимитская терригенно-туфогенная толща ($D_3fm–C_1t$), *9* – ульзутуйская туфогенно-карбонатно-терригенная толща ($C_1v–s$), *10* – сурхебтинская андезито-базальтовая толща ($C_{2–3}$); *11–13* – магматические комплексы верхнего палеозоя: *11* – вулканогенный игнимбрит-риолитовый комплекс, *12* – граносиенитовый комплекс, *13* – габброидный комплекс; *14* – разрывные нарушения (*а*), элементы залегания слоистости (*б*); *15* – места отбора проб из магматических пород и их U-Pb и Ar-Ar изотопный возраст (млн лет); *16* – места находок фауны и флоры; *17* – местоположение опорной скважины № 32; синим пунктиром выделен участок детальных исследований

Данные по изотопному возрасту магматических пород и руд Озернинского рудного узла

Объект	Метод датирования	Возраст, млн лет	Источник
Олдындинская свита, кислые вулканокласты, риодациты	U-Pb по циркону (SHRIMP-II) U-Pb по циркону (LA-ICP-MS)	529–516 301 ± 2,3	[4, 17]
Озерный комплекс, гранит-порфиры, кварцевые порфиры	U-Pb по циркону (SHRIMP-II)	513–517	[25]
Олдындинская свита, андезитовый порфирит, андезитовый порфирит	U-Pb по циркону (SHRIMP-II) $^{40}Ar/^{39}Ar$	466 ± 4,8 310	[4, 24],
Монцониты	U-Pb по циркону (SHRIMP-II)	303,8 ± 6,2	[22]
Озерное месторождение, дайка фельзит-порфиров	$^{40}Ar/^{39}Ar$	290	[4]
Месторождение Солонго, лейкогранит	U-Pb по циркону (LA-ICP-MS)	287,1 ± 4,2	[11]
Месторождение Северный Гурвунур, апатит-магнетитовая руда	U-Pb по апатиту	422 ± 20	[23]
Золото-урановые самородки	U-Th-Pb по браннериту	200–235	[9]

Кроме него здесь известны ещё около 20 месторождений и большое число рудопроявлений, однако не все они являются собственно свинцово-цинковыми [5]. К Pb-Zn относится также ближайший аналог Озерного – Ульзутуйское месторождение. Руды этих месторождений стратиформные, имеют массивные, слоисто-полосчатые и брекчиевые текстуры, часто подвержены перекристаллизации и динамометаморфическим изменениям. Встречаются также секущие и послойные кварц-сульфидные жилы, линзы и прожилки. Главные минералы руд – пирит, сфалерит и галенит, в небольших количествах присутствуют арсенопирит, пирротин и др.

Золотополиметаллические месторождения Назаровское и Светкинское, кроме имеющего основной промышленный интерес золота, содержат также запасы свинца и цинка. Считается, что первичные гидротермально-осадочные полиметаллические руды подверглись эпигенетическим изменениям (скарнированию и др.), что привело к их повышенной золотоносности [13]. Действительно, в пределах месторождения широко развиты скарны, содержащие тела магнетит-полиметаллических руд. Редко встречаются кварцевые жилы и зоны вкрапленной сульфидизации в скарнированных породах. Однако связь процессов скарнообразования и формирования золоторудной минерализации достоверно не установлена.

Остальные объекты рудного узла представлены железооксидными залежами (магнетитовыми, часто с примесью гематита) (Туркульское, Звездное и др.), которые в ряде случаев содержат попутные полезные компоненты – бор (месторождение Солонго), фосфор и РЗЭ (месторождения Гурвунурское и Северо-Гурвунурское), марганец (месторождение Октябрьское), золото (Южно-Магнетитовое месторождение), медь и барит (Гундуйское, Аришинское). Кроме того, известны мелкие проявления вольфрам-молибденовой минерализации.

Относительно недавно установленный тип оруденения – россыпной золото-урановый – выявлен в пределах Озернинского рудного узла в виде золото-браннеритовых самородков, детально описанных в работах [9, 19]. Самородки сложены преимущественно браннеритом (UTi_2O_6) и самородным золотом, количество которого достигает 15 об.%. В виде микровключений присутствует значительное количество других минералов: уранинит, гематит, рутил, кварц, халькопирит, сидерит, теллуриды Au, Ag, Bi, Pb и др. Возраст урановых минералов, полученный химическим U-Th-Pb-датированием, – 200–235 млн лет [9]. Коренные источники золото-урановых руд пока не установлены.

В целом месторождения и рудопроявления Озернинского рудного узла можно отнести к следующим рудным формациям: колчеданно-полиметаллической, известковых и магнезиальных скарнов, вольфрам-молибденовой грейзеновой, редкоземельно-апатит-магнетитовой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-урановой [5, 9]. Наряду с коренными месторождениями в пределах Озернинского

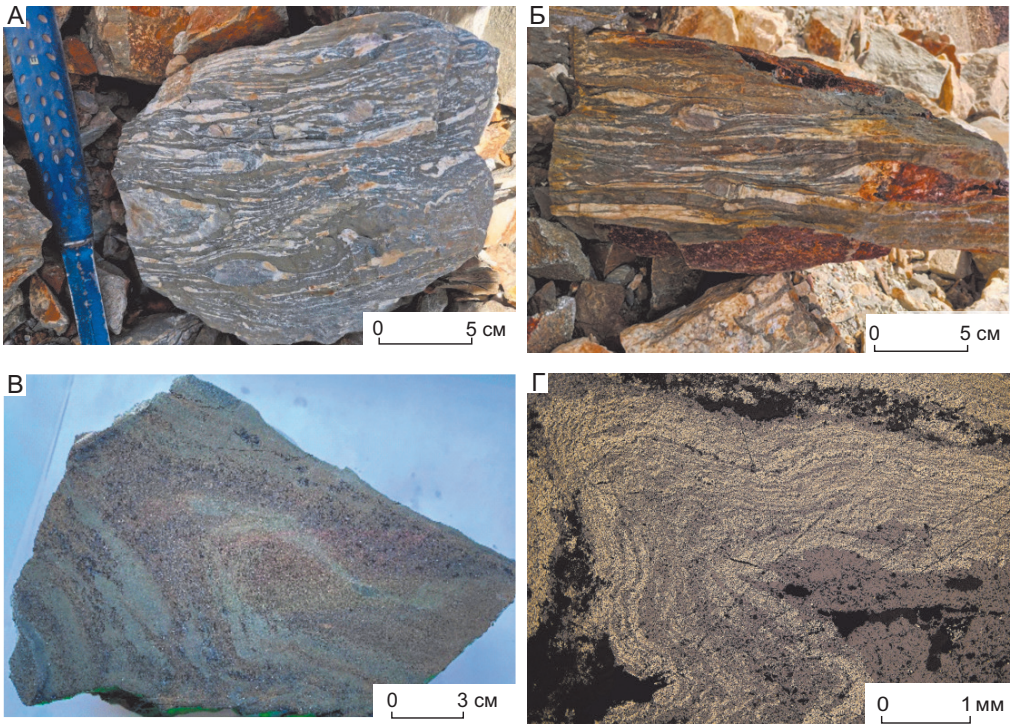


Рис. 2. Будинирование и пластические деформации богатых и рядовых руд Озерного месторождения:

А, Б – признаки тектонического течения и будинажа в брекчиевых рудах; складчатые деформации в образцах перекристаллизованных слоисто-полосчатых руд: В – в образце и Г – аншлифе

рудного узла широко распространены золотоносные россыпи и золотоносные коры выветривания. Кроме золота в экзогенных образованиях встречаются проявления самородной меди, а железо-марганцевые оксидные руды «железной шляпы» Октябрьского месторождения составляют основную часть его запасов.

Неоднозначные морфологические признаки в рудах Озерного свинцово-цинкового месторождения. По данным разведочных работ, Озерное свинцово-цинковое месторождение приурочено к одноимённой синклинальной структуре, выполненной карбонатно-терригенно-вулканогенными отложениями [14, 27, 28]. Рудные тела представляют собой пластовые залежи сульфидных и сидеритовых руд мощностью от 1 до 30–50 м, ритмично чередующиеся с вмещающими породами. Главные текстурные типы сульфидных руд Озерного месторождения – массивные, слоисто-полосчатые и брекчиевые. Главные рудные минералы – пирит, сфалерит и галенит; второстепенные – магнетит, гематит, халькопирит, марказит, блёклая руда и арсенопирит.

Генезис оруденения до сих пор остаётся предметом дискуссий. Основная точка зрения на происхождение крупнейшего Озерного месторождения – гидротермально-осадочная [7, 14, 28, 27]. Согласно этой точке зрения, накопление рудоносной толщи объясняется совокупностью процессов вулканизма, седиментации и гидротермально-осадочного рудоотложения в кембрийское время. Существуют и альтернативные – гидротермально-метасоматическая [29, 32, 33], плутоногенно-гидротермальная [22], динамометаморфическая (А. В. Татаринов, неопубликованные данные). Более подробно возможные генетические модели происхождения Озерного месторождения обсуждаются в работе [3].

Текстурно-структурные признаки руд свидетельствуют в пользу их гидротермально-осадочного происхождения [8], однако в рудах наблюдаются участки перекристаллизованных и деформированных руд. Причём будинирование, рассланцевание и пластические деформации минералов и минеральных агрегатов отмечаются как в макро-, так и в микротекстурах руд (рис. 2).

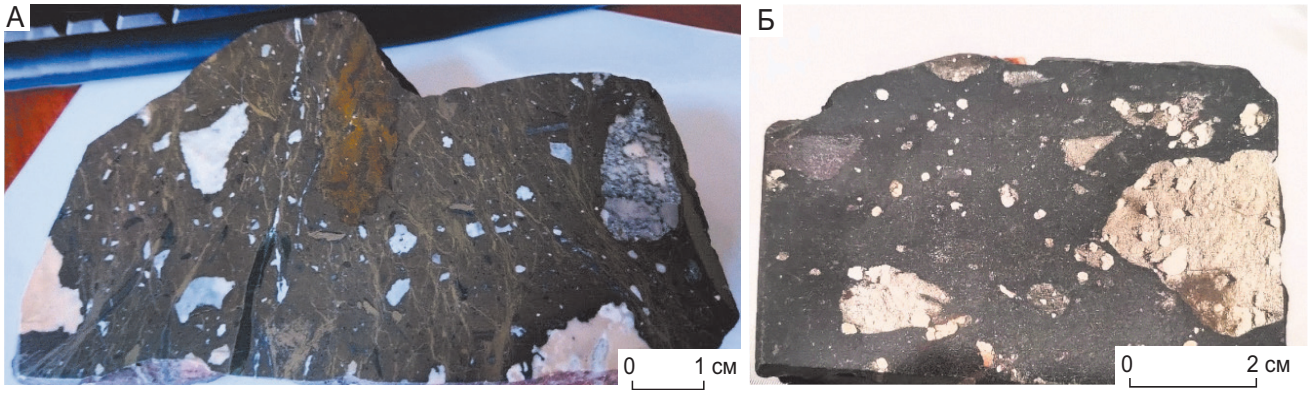


Рис. 3. Разновидности брекчиевидных руд:

А – рудная брекчия с обломками карбонатных пород; Б – обломковидные сульфидные агрегаты развиты по базитовой дайке, образуя брекчиевидную текстуру (обр. Д. И. Царева)

Брекчиевые руды несут преимущественно нерудные обломки карбонатных пород, яшм, сидеритов и др., сцементированные рудным агрегатом, который сложен сульфидными минералами с примесью карбонатов, содержащих редкие выделения кварца, хлорита и др. (рис. 3, А). Однако на месторождении известны брекчиевидные руды, где обломковидные сульфидные скопления включены в нерудную матрицу (см. рис. 3, Б). Поскольку такие руды развиваются по базитовым дайкам, то их метасоматическая природа очевидна.

Наряду с перекристаллизованными рудами широко развиты прожилки карбонат-кварц-сульфидного состава с разными соотношениями рудных и нерудных минералов, вплоть до существенно сульфидных (галенит-сфалеритовых, с подчинёнными пиритом и халькопиритом) жил и прожилков с небольшим количеством жильных минералов (рис. 4). Причём прожилки могут быть как секущими, так и послойными.

В ряде случаев наблюдаются явно эпигенетические послойные сульфидные прожилки, согласные

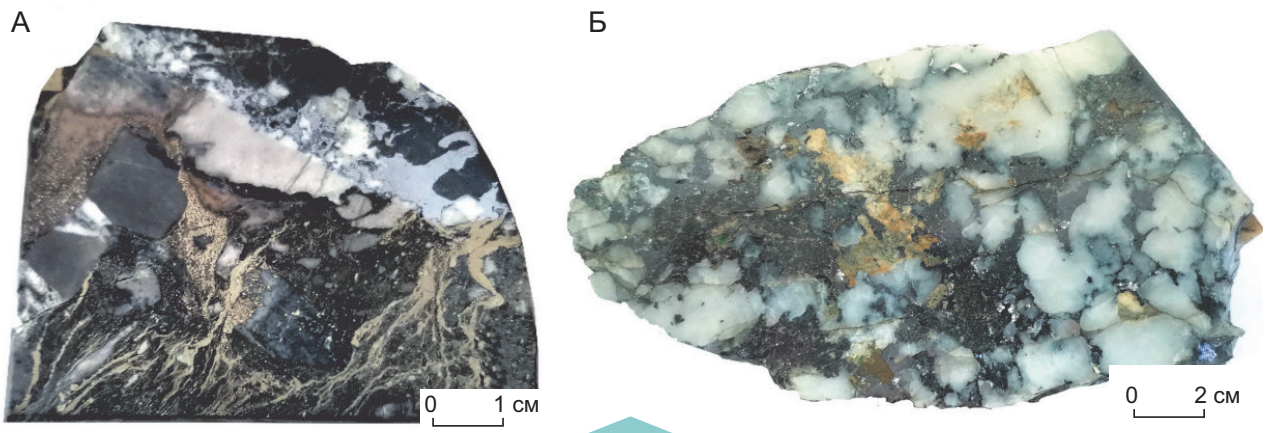


Рис. 4. Образцы кварц-сульфидных жил:

А – секущий существенно сульфидный (галенит + сфалерит) прожилок; Б – гнездовое распределение сульфидных минералов в кварц-сульфидной жиле

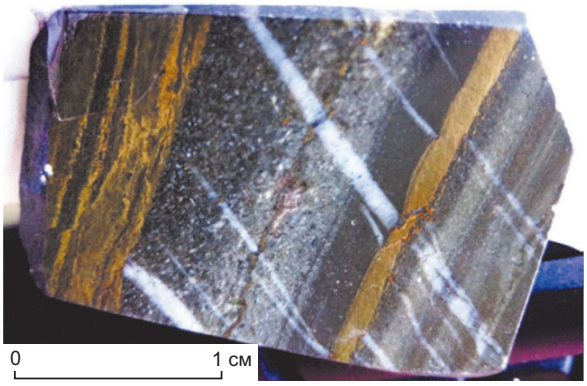


Рис. 5. Согласные с напластованием сульфидные «прослои» секут постседиментационные кварцевые прожилки (обр. Д. И. Царева)

с напластованием вмещающей вулканогенно-терригенной породы (туфопесчаника). Как видно на рис. 5, постседиментационные кварцевые прожилки секутся согласными с напластованием сульфидными «прослоями». Такие «прослои» явно эпигенетические, однако в случае отсутствия кварцевых прожилков выглядели бы как сингенетичные слоисто-полосчатые руды. Объём таких субсогласных эпигенетических сульфидных «прослоев» в пределах месторождения неизвестен, поскольку при отсутствии рассекаемых кварцевых прожилков определить сингенетичность-эпигенетичность сульфидных прослоев невозможно. Следовательно, по крайней мере, часть слоисто-полосчатых руд может быть не связана с осадочным процессом.

Оруденение Озерного месторождения, согласно преобладающей точке зрения, обусловлено гидротермально-осадочным рудогенезом колчеданного типа в связи с кембрийским вулканизмом. Это подразумевает, что рудоносными прежде всего должны быть вулканогенно-осадочные породы. Однако наши петрографические наблюдения показывают, что сульфидные минералы в первичных слоисто-полосчатых, массивных и брекчиевых рудах ассоциируют с карбонатными минералами. В частности, межзерновые пространства во всех морфологических типах руд заполнены карбонатами (рис. 6, A–B), иногда с небольшой примесью кварца, редко могут присутствовать и зёрна других минералов – хлорита, мусковита. Эффузивные же породы либо не содержат рудных минералов, либо сульфиды приурочены к участкам вторичной карбонатизации и хлоритизации (см. рис. 6, Г–E).

Представленные многочисленные свидетельства эпигенетических преобразований, а также неоднозначные морфологические признаки руд свидетельствуют о сложной, скорее всего, полихронной истории происхождения Озерного полиметаллического месторождения. При этом следует отметить, что реальные масштабы развития полиметаллических сульфидных руд метасоматического происхождения неясны, поскольку зачастую морфологические признаки гидротермально-осадочных и метасоматических руд конвергентны.

Проблемы происхождения железооксидных и других типов руд в Озернинском рудном узле. Магнетит и гематит в разных количествах развиты почти на всех месторождениях Озернинского узла. Железооксидные руды гематит-магнетитового (в разных соотношениях) состава – первый тип оруденения, который был обнаружен в этом районе. Помимо самостоятельных объектов, руды такого состава изредка слагают пластовые залежи грубослоистого строения, а также участвуют в составе слоисто-полосчатых магнетит-сульфидных руд на Озерном месторождении. Тела сплошных и вкрапленных магнетитовых (с примесью гематита) руд присутствуют на Назаровском, Южно-Магнетитовом, Гундуйском, Аришинском, Туркульском, Ульзутуйском месторождениях. Все перечисленные месторождения комплексные: Назаровское, Южно-Магнетитовое – золотополиметаллические, Ульзутуйское и Аришинское – железо-свинцово-цинковые, Гундуйское и Туркульское – медно-баритовые. Магнетитовые руды в данном случае присутствуют как попутные. Месторождения, содержащие магнетитовые руды как главный компонент, также содержат в промышленных концентрациях попутные полезные ископаемые: апатит с РЗЭ – месторождения Гурвунурское, Северо-Гурвунурское, бор – месторождение Солонго. Минеральный состав и изотопные характеристики руд этих двух типов относительно хорошо изучены [11, 23, 31]. Предполагается, что апатит-магнетитовые руды относятся к типу Кируна [37] и представляют собой магматические образования, что обосновывается данными по изотопному составу руд и рассчитанными *P-T* параметрами минералообразования [23].

Происхождение борных руд связывается с постмагматическими гидротермальными процессами, но магматический источник не определён [11].

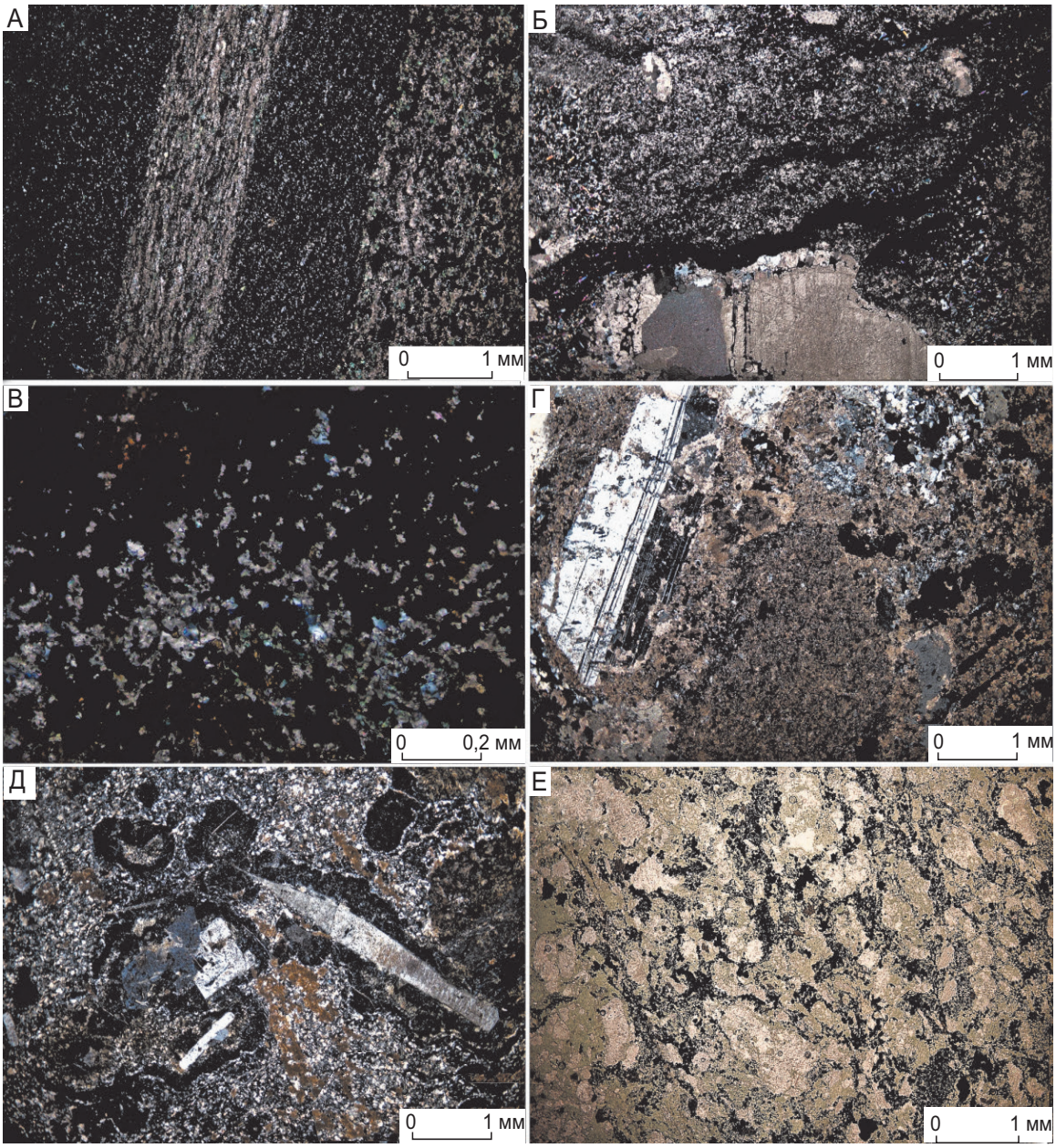


Рис. 6. Фотографии шлифов руд и эффузивов:

А – полосчатая руда, полосы различаются по содержаниям сульфидов и карбонатов, заполняющих межзерновые пространства сульфидов; Б – брекчиевая руда, обломки карбонатного состава сцементированы агрегатом карбонатно-сульфидного состава, отмечаются также редкие пластинки мусковита с яркими интерференционными окрасками; В – массивная руда, межзерновые пространства сульфидов заполнены карбонатом с небольшой примесью кварца; Г – кислый эффузив порфировой структуры, карбонатизированный, сульфидная минерализация развита только в агрегате новообразованного карбоната; Д – эффузивная порода порфирового облика слабо карбонатизирована, не содержит сульфидов; Е – кварц-карбонат-хлоритовый туфопесчаник, рудная минерализация приурочена к хлоритовому агрегату; А–Д – николи скрещены, Е – в одном николе

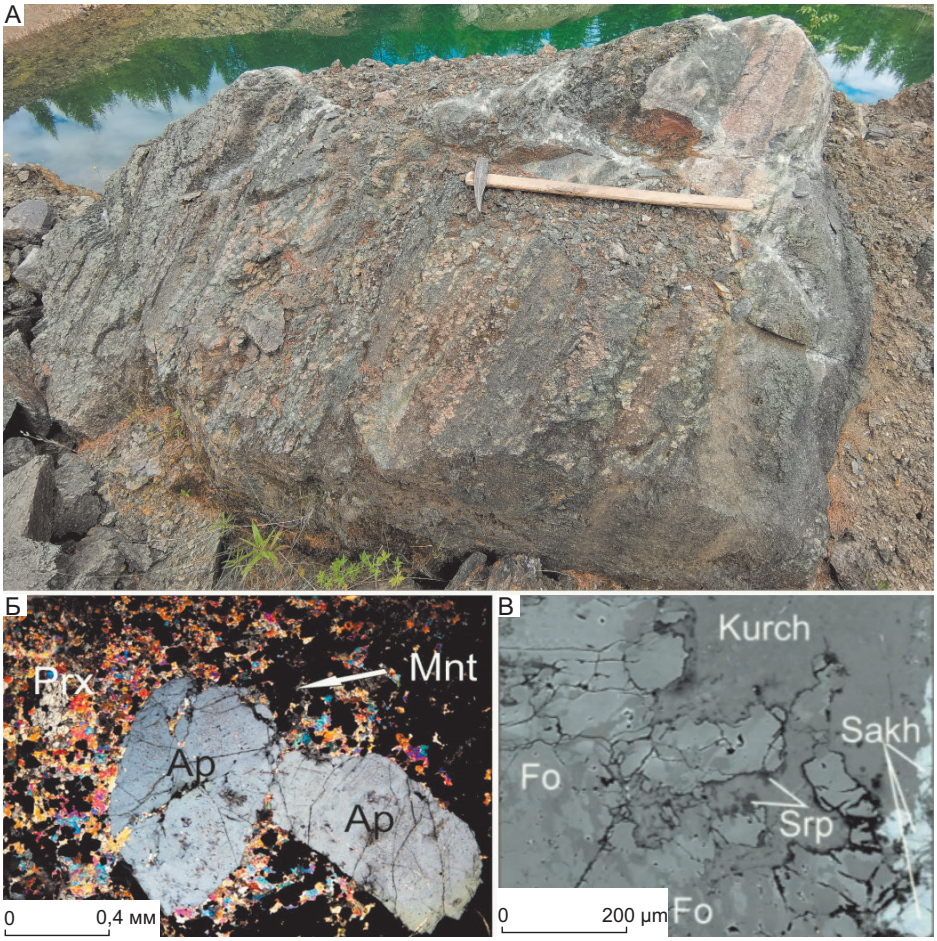


Рис. 7. Скарны на месторождениях Озернинского рудного узла:

А – глыба полосчатых скарнов на Назаровском золотополиметаллическом месторождении; Б – фотография шлифа руды месторождения Гурвунурское, агрегат диопсида (Prx) и магнетита (Mnt) содержит кристаллы апатита (Ap) (николи скрещены); В – ассоциация борных минералов, курчатовита – $Ca(Mg,Mn^{2+})[B_2O_5]$ (Kurch) и сахаита – $Ca_{12}Mg_4[Cl(OH)_2(CO_3)_4(BO_3)_7]$ (Sakh) с минералами магнезиальных скарнов – форстеритом (Fo) и серпентином (Srp) в рудах месторождения Солонго (изображение в обратно-рассеянных электронах)

По данным [14], происхождение железооксидных руд в Озернинском рудном узле связывается с двумя этапами: 1) гидротермально-осадочным накоплением оксидов железа в составе полиметаллических руд и 2) дальнейшей регенерацией вещества рудоносных толщ (и первичных руд) с образованием магнетитовых тел под действием гидротермально-метасоматических процессов (скарнирование, кремнещелочной метасоматоз и др.). Однако подробной расшифровки этих процессов в цитируемой работе не приводится.

Наши наблюдения показали, что разные по составу скарны развиты практически на всех месторождениях Озернинского рудного узла, содержащих тела железооксидных руд (рис. 7), за исключением Озерного месторождения, где какая-либо связь железооксидных руд со скарнами не отмечается.

В большинстве случаев процессы скарнирования наследуются другими гидротермальными процессами, приведшими со снижением температуры к формированию кварцевых жил, метасоматитов березит-лиственитовой формации и аргиллизитов. Известно, что преимущественное формирование магнезиальных или известковых скарнов обусловлено различиями в составе исходных карбонатных толщ (доломиты и известняки, соответственно). В Озернинском рудном узле карбонатные

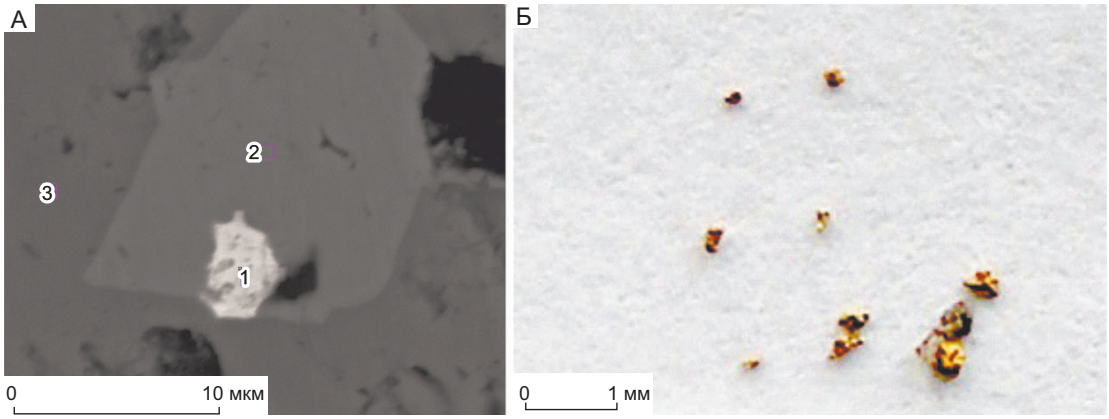


Рис. 8. Морфология выделения теллуридов и самородного золота:

А – включение гессита ($AgTe_2$) (1) в борните (2) и халькопирите (3) (Южно-Магнетитовое месторождение); Б – «шлиховое» самородное золото из зоны окисления Озерного месторождения [30]

породы состоят из карбонатов Ca, Mg, Fe, Mn в разных соотношениях, что отмечалось предшественниками [15] и подтверждается нашими исследованиями. Такое разнообразие исходных карбонатных толщ приводит к формированию скарнов разного состава, а присутствие прослоев, обогащённых фосфором и бором, вероятно, способствовало образованию скарново-магнетитовых руд, содержащих апатит и борную минерализацию. Следует отметить, что изотопные отношения в скарновых минералах могут иметь значения, характерные для магматогенных образований, которые и были определены ранее проведёнными изотопно-геохимическими исследованиями [10, 23].

Медно-баритовые руды развиты на Гундуйском и Туркульском месторождениях. Рудные тела имеют линзовидную форму, длиной до 200–400 м, мощностью от первых метров до 20–30 м и приурочены преимущественно к зонам рассланцевания (разломам) в толще осадочно-вулканогенных пород (туфы, плагиориолит-порфиры и др.), содержащей также редкие дайки долеритовых и диоритовых порфиритов, сиенит-порфиров. Главные минералы руд – барит, халькопирит, пирит, магнетит, гематит. Морфологические характеристики и особенности залегания рудных тел свидетельствуют об их гидротермально-метасоматическом происхождении, однако источник метасоматизирующих растворов достоверно не установлен. Предполагается, что халькопирит-баритовая минерализация наложена на скарново-магнетитовые руды [14]. Однако более подробные сведения о генезисе этого типа руд отсутствуют.

Золоторудная минерализация в Озернинском рудном узле установлена на Назаровском и Южно-Магнетитовом месторождениях. Золотоносными являются как скарново-полиметаллические руды, так и поздние секущие кварцевые жилы и прожилки [13]. Указанные месторождения характеризуются наличием нескольких типов оруденения:

1. слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды (реликты);
2. скарново-полиметаллические, с золотом (?) и магнетитом;
3. кварц-железооксидные (магнетит + гематит);
4. кварц-сульфидные (с золотом, теллуридами, сульфосолями);
5. золотоносные коры выветривания (окисленные руды).

При этом месторождения характеризуются достаточно сложным минеральным составом, где наряду с магнетитом, гематитом и главными сульфидами – пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом – присутствуют такие минералы, как самородное золото, борнит, арсенопирит, сульфоарсениды Co и Fe – аллоклазит-глаукодот, гессит, самородный теллур, акантит, ютенбогардтит и др. (рис. 8, А), в том числе обнаружен сульфовисмутид Ag и Pb – густавит [26].

Очевидно, что формирование такого разнотипного комплексного золотополиметаллического оруденения полихронно и связано с несколькими

этапами эпигенетических преобразований первичных гидротермально-осадочных полиметаллических руд и (или) обогащённых рудными компонентами пород. Скарновый этап обусловлен проявлением магматизма, однако появление относительно поздних кварцевых жил, содержащих в том числе теллуридную минерализацию (Южно-Магнетитовое месторождение), также может быть связано с поступлением магматогенных флюидов из постскарновых магматических источников. Недостаток данных по возрасту магматических образований не позволяет обсуждать этапы магматизма.

Следует отметить, что россыпные месторождения золота и золотоносные коры выветривания распространены практически на всей площади Озернинского рудного узла, в том числе самородное золото установлено в зоне окисления Озерного месторождения (см. рис. 8, Б). В то же время количество собственно золоторудных месторождений и проявлений ограничено. Такое широкое распространение экзогенных месторождений и проявлений золота позволяет предположить, что золото как попутный компонент присутствует не только в составе золотополиметаллических руд, но и в других типах рудной минерализации. В связи с этим существует необходимость оценки золотоносности разных типов рудной минерализации. К числу возможных коренных источников золота можно отнести и золото-урановые проявления. Золото-браннеритовый тип минерализации развит в пределах Эльконского рудного поля в Центрально-Алданском рудном районе Якутии [1, 12]. Возможно, коренные проявления такого типа присутствуют и в пределах Озернинского рудного узла. Следует добавить, что экзогенные месторождения не ограничиваются только золотом. В зоне окисления барит-сульфидных руд установлены промышленные содержания марганца (Октябрьское месторождение), также присутствуют проявления самородной меди, причём как на медных (Гундуйское месторождение), так и на золотополиметаллических объектах (Светкинское месторождение).

Заключение. Из приведённого обзора следует, что происхождение большого числа типов минерализации в Озернинском рудном узле не могло быть одноактным. Формирование рудного узла, как и в целом Курбино-Еравнинского рудного района, – это результат длительного, многоэтапного проявления магматических и тектоно-метаморфических процессов. Остаётся нерешённым вопрос о связи оруденения с этапами геодинамического развития и/или с периодами тектоно-магматической активизации региона, поскольку до настоящего времени концепции эволюции Удино-Витимской зоны достаточно противоречивы, и ряд их положений требует дополнительного обоснования. Несмотря на длительный период исследований Озернинского рудного узла, возраст оруденения, характер связи разных типов минерализации, а также происхождение такого разнообразия минеральных и генетических типов руд в пределах одной структуры и их пространственно-временные соотношения остаются предметом дискуссий. Имеющиеся к настоящему времени изотопные датировки пород и руд немногочисленны и их недостаточно для выделения возрастных этапов и стадий рудообразования.

Стратиграфическая принадлежность рудовмещающей толщи также обсуждается (см. дискуссию в работе [17]). В последние годы установлено, что осадочно-вулканогенные отложения, развитые в пределах Озернинского рудного узла, относятся не к единой олдындинской свите, а к трём разновозрастным толщам, распространение которых изучено только в восточной части площади узла. Следовательно, вопрос о том, какая из этих толщ является непосредственно рудовмещающей, до сих пор не решён. Многие признаки указывают на то, что собственно вулканогенные отложения не содержат рудной минерализации, а сульфиды развиваются преимущественно в карбонатных породах, более того, рудная минерализация приурочена к участкам наложенной карбонатизации эффузивов. Есть и другие признаки метасоматического происхождения свинцово-цинковых руд Озерного месторождения, что ставит под сомнение гидротермально-осадочную природу минерализации. С другой стороны, есть многочисленные текстурно-структурные свидетельства осадочного происхождения сульфидных руд [8]. Такое противоречие можно объяснить участием обоих процессов в происхождении руд, но масштабы развития продуктов и роль этих процессов в становлении современного облика месторождения остаются неизвестными до сих пор по причине конвергентности многих морфологических характеристик руд.

Формирование разнообразия железооксидных руд обусловлено процессами скарнирования разных по составу толщ, однако появление постскарновых рудных образований – золотоносных

кварцевых жил и прожилков, зон березитизации и аргиллизации, золото-уранового оруденения – обусловлено влиянием других рудогенерирующих факторов, возможно, постскарновых магматических процессов.

Интервал известных изотопных датировок охватывает период от более чем 500 до 200 млн лет, что свидетельствует о длительной эволюции процессов рудообразования в пределах Озернинского рудного узла. Решение этих вопросов требует более подробных геохронологических и литолого-стратиграфических исследований, в комплексе с изучением минерального состава руд, их изотопно-геохимических характеристик и физико-химических условий формирования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, грант № 22–17–00106. Биостратиграфические исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 22–27–200141.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойцов В. Е., Верчеба А. А., Пилипенко Г. Н., Жданов А. В.* Металлогеническое районирование Центрально-Алданского рудного района Республики Саха (Якутия) // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2010. – № 5. – С. 23–32.
2. *Васильев И. Л.* Геология Еравнинского рудного поля. – Новосибирск : Наука, 1977. – 126 с.
3. *Викентьев И. В., Дамдинов Б. Б., Минина О. Р., Спирина А. В., Дамдинова Л. Б.* Классификация процессов полиметаллического рудообразования и переходный VMS–SEDEX–MV-тип – пример гигантского Озерного месторождения в Забайкалье, Россия // Геология рудных месторождений. – 2023. – Т. 65, № 3. – С. 201–236.
4. *Гордиенко И. В., Булгатов А. Н., Руженцев С. В., Минина О. Р., Климук В. С., Ветлужских Л. И., Ласточкин Н. И., Ситникова В. С., Ветлужских Т. А.* История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее–палеозое // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 5. – С. 589–614.
5. *Гордиенко И. В., Нефедьев М. А.* Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. – 2015. – Т. 57, № 2. – С. 114–124.
6. *Гордиенко И. В., Нефедьев М. А., Платов В. С.* Строение, минеральные типы рудных месторождений и перспективы освоения Еравнинского рудного района Западного Забайкалья // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – 2013. – № 1(42). – С. 7–22.
7. *Дистанов Э. Г.* Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. – Новосибирск : Наука, 1977. – 351 с.
8. *Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р.* Текстуры и структуры гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд Озерного месторождения. – Новосибирск : Наука, 1975. – 172 с.
9. *Жмодик С. М., Белянин Д. К., Айриянц Е. В., Карманов Н. С., Миронов А. А., Дамдинов Б. Б.* Fe-Ti-Au-U-минерализация Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье, Россия) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. – Т. 507, № 2. – С. 236–244.
10. *Избродина С. Ю., Посохов В. Ф.* Изотопный состав кислорода борных минералов из курчатовит-сахаитовых руд месторождения Солонго // Науки о Земле и недропользование. – 2022. – Т. 45, № 2. – С. 104–118.
11. *Избродина С. Ю., Хубанов В. Б.* Роль гранитизации в формировании магнезиально-скарнового железоборного месторождения Солонго (Озернинский рудный узел, Республика Бурятия) // Новое в познании процессов рудообразования: сб. тр. X Российской молодежной научно-практической школы с международным участием. – М. : Изд-во ИГЕМ РАН, 2021. – С. 116–119.
12. *Казанский В. И.* Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // Геология рудных месторождений. – 2004. – Т. 46, № 3. – С. 195–211.
13. *Ковалев К. Р., Байлина М. В., Акимцев В. А., Аношин Г. Н.* Стратиформные цинково-колчеданные руды и золоторудная минерализация на Назаровском месторождении (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, №10. – С. 963–978.
14. *Ковалев К. Р., Бусленко А. И.* Гидротермально-осадочный рудогенез и полиметаморфизм руд Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье). – Новосибирск : Наука, 1992. – 214 С.
15. *Ковалев К. Р., Рипп Г. С., Дистанов Э. Г., Баулина М. В.* Железисто-магнезиальные карбонаты и вариации изотопов углерода и кислорода на гидротермально-осадочном колчеданно-полиметаллическом месторождении Озерное (Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46, № 4. – С. 383 – 397.
16. *Козлов А. В., Печенкин М. М., Савичев А. А., Бамбаев Т. С.* Новые черты глубинного строения Озернинского рудного узла по данным магнитотеллурического зондирования // Записки Горного института. – 2011. – Т. 189. – С. 260–263.

17. *Минина О. Р., Гордиенко И. В., Дамдинов Б. Б., Ташлыков В. С., Гонегер Т. А., Скрипников М. С., Ланцева В. С., Хубанов В. Б., Кислов Е. В.* Новые данные о возрасте рудовмещающих отложений Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 3. – С. 299–314.
18. *Минина О. Р., Доронина Н. А., Некрасов Г. Е., Ветлужских Л. И., Ланцева В. С., Аристов В. А., Наугольных С. В., Куриленко А. В., Ходырева Е. В.* Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Геотектоника. – 2016. – № 3. – С. 63–84.
19. *Миронов А. Г., Карманов Н. С., Миронов А. А., Ходырева Е. В.* Золото-браннеритовые самородки в россыпи Озернинского рудного узла (Бурятия) // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 10. – С. 984–989.
20. *Нефедьев М. А.* Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – 184 с.
21. *Пономарев В. Г., Лапин Б. Н., Бусленко А. И.* Преобразование гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических и железных руд в Еравнинском рудном районе // Геология и генезис редкометалльных и полиметаллических месторождений Сибири / Отв. редактор В. А. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1978. – С. 74–92.
22. *Платов Е. В., Игнатов А. М., Патрахин Е. Г., Большакова Т. В., Минина О. Р., Ланцева В. С.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Баргузино-Витимская. Лист N-49-XXVIII (Гунда). Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 208 с.
23. *Рипп Г. С., Ходырева Е. В., Избродин И. А., Рампилов М. О., Ласточкин Е. И., Посохов В. Ф.* Генетическая природа апатит-магнетитовых руд Северо-Гурвунурского месторождения (Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. – 2017. – Т. 59, № 5. – С. 419–433.
24. *Руженцев С. В., Минина О. Р., Аристов В. А., Голионко Б. Г., Ларионов А. Н., Лыхин Д. А., Некрасов Г. Е.* Геодинамика Еравнинской зоны (Удино-Витимская складчатая система Забайкалья): геологические и геохронологические данные // Доклады РАН. – 2010. – Т. 434, № 3. – С. 361–364.
25. *Руженцев С. В., Минина О. Р., Некрасов Г. Е., Аристов В. А., Голионко Б. Г., Доронина Н. А., Лыхин Д. А.* Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция // Геотектоника. – 2012. – № 2. – С. 3–28.
26. *Рыжкова Ю. А.* Минералогия руд Назаровского цинкового месторождения (Озернинский рудный узел, Бурятия) // Металлогения древних и современных океанов-2020. Критические металлы в рудообразующих системах. – Миасс : ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, 2020. – С. 98–102.
27. *Тарасова Р. С., Бабкин И. Н., Близнюк М. В., Филько А. С., Горбунов С. В., Алкалаев Б. К.* Озерное колчеданное свинцово-цинковое месторождение. Отчет за 1964–1969 гг. с подсчетом запасов. – Улан-Удэ : Бурят. геол. упр., 1969. – 432 с.
28. *Тарасова Р. С., Близнюк М. В., Бабкин И. Н.* О формационном типе и генезисе Озерного свинцово-цинкового колчеданного месторождения // Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. – Вып. 143. – М. : Наука, 1972. – С. 79–97.
29. *Феофилактов Г. А., Царев Д. И., Нефедьев М. А.* О роли разрывных нарушений в локализации полиметаллического и других типов оруденения Озернинского рудного узла // Проблемы метасоматизма и рудообразования Забайкалья. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 52–58.
30. *Хлыбов В. П.* Информационный отчет о результатах первого этапа поисковых работ по изучению золотоносности Озерного месторождения и его кор выветривания за 2005 г. – Иркутск, 2005. – 35 с.
31. *Ходырева Е. В., Патрахина А. В., Канакин С. В., Рипп Г. С.* Минеральный состав и генетические особенности апатит-магнетитовых руд месторождения Северный Гурвунур (Западное Забайкалье) // Отечественная геология. – 2013. – № 3. – С. 91–98.
32. *Царев Д. И.* Генезис Озерного колчеданно-цинкового месторождения в Забайкалье // Известия АН СССР. – 1983. – С. 97–107.
33. *Царев Д. И., Фирсов А. П.* Проблема формирования колчеданных месторождений (на примере Забайкалья). – М. : Наука, 1988. – 144 с.
34. *Цыганков А. А., Литвиновский Б. А., Джань Б. М.* и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1249–1276.
35. *Язмир М. М., Далматов Б. А., Язмир И. К.* Атлас фауны и флоры палеозоя и мезозоя Бурятской АССР. Палеозой. – М. : Недра, 1975. – 184 с.
36. *Ярмолюк В. В., Коваленко В. И.* Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. – М. : Наука, 1991. – 263 с.
37. *Harlov D. E., Andersson U. B., Forster H. J., Nystrom J. O., Dulsky P., Broman C.* Apatite–monazite relations in the Kiirunavaara magnetite–apatite ore, northern Sweden // Chemical Geology. – 2002. – V. 191. – P. 47–72.

REFERENCES

1. *Boytsov V. Ye., Vercheba A. A., Pilipenko G. N., Zhdanov A. V.*Metallogenicheskoye rayonirovaniye Tsentral'no-Aldanskogo rudnogo rayona Respubliki Sakha (Yakutiya) [Metallogenic zoning of the Central Aldan ore region of the Republic of Sakha (Yakutia)]. Izv. VUZov. Geologiya i razvedka, 2010, No. 5, pp. 23–32. (In Russ.)
2. *Vasil'yev I. L.* Geologiya Yeravninskogo rudnogo polya [Geology of the Eravna ore field], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 126 p. (In Russ.)
3. *Vikent'yev I. V., Damdinov B. B., Minina O. R., Spirina A. V., Damdinova L. B.* Klassifikatsiya protsessov polimetallicheskogo rudoobrazovaniya i perekhodnyy VMS–SEDEX–MV-tip – primer gigantskogo Ozernogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye, Rossiya [Classification of polymetallic ore formation processes and transitional VMS–SEDEX–MV type – an example of a giant Ozernoye deposit in Transbaikalia, Russia]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2023, V. 65, No. 3, pp. 201–236. (In Russ.)
4. *Gordiyenko I. V., Bulgatov A. N., Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Klimuk V. S., Vetluzhskikh L. I., Lastochkin N. I., Sitnikova V. S., Vetluzhskikh T. A.* Istoriya razvitiya Udino-Vitimskoy ostrovoduzhnoy sistemy Zabaykal'skogo sektora Paleoaziatskogo okeana v pozdnem rifeye–paleozoye [History of development of the Udino-Vitim island-arc system of the Trans-Baikal sector of the Paleo-Asian Ocean in the Late Riphean–Paleozoic]. Geologiya i geofizika, 2010, V. 51, No. 5, pp. 589–614. (In Russ.)
5. *Gordiyenko I. V., Nefed'yev M. A.* Kurbino-Yeravninskiy rudnyy rayon Zapadnogo Zabaykal'ya: geologo-geofizicheskoye stroyeniye, tipy rudnykh mestorozhdeniy, prognoznaya otsenka i perspektivy osvoyeniya [Kurbino-Eravninsky ore region of Western Transbaikalia: geological and geophysical structure, types of ore deposits, predictive assessment and development prospects]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2015, V. 57, No. 2, pp. 114–124. (In Russ.)
6. *Gordiyenko I. V., Nefed'yev M. A., Platov V. S.* Stroyeniye, mineral'nyye tipy rudnykh mestorozhdeniy i perspektivy osvoyeniya Yeravninskogo rudnogo rayona Zapadnogo Zabaykal'ya [Structure, mineral types of ore deposits and prospects for the development of the Eravninsky ore region of Western Transbaikalia]. Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektsii nauk o Zemle RAYEN, 2013, No. 1(42), pp. 7–22. (In Russ.)
7. *Distanov E. G.* Kolchedanno-polimetallicheskiye mestorozhdeniya Sibiri [Pyrite-polymetallic deposits of Siberia], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 351 p. (In Russ.)
8. *Distanov E. G., Kovalev K. R.* Tekstury i struktury gidrotermal'no-osadochnykh kolchedanno-polimetallicheskikh rud Ozernogo mestorozhdeniya [Textures and structures of hydrothermal-sedimentary pyrite-polymetallic ores of the Ozernoe deposit], Novosibirsk, Nauka publ., 1975, 172 p. (In Russ.)
9. *Zhmodik S. M., Belyanin D. K., Ayriyants Ye. V., Karmanov N. S., Mironov A. A., Damdinov B. B.* Fe-Ti-Au-U-mineralizatsiya Ozerninskogo rudnogo uzla (Zapadnoye Zabaykal'ye, Rossiya) [Fe-Ti-Au-U-mineralization of the Ozerninsky ore cluster (Western Transbaikalia, Russia)]. Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle, 2022, V. 507, No. 2, pp. 236–244. (In Russ.)
10. *Izbrodina S. Yu., Posokhov V. F.* Izotopnyy sostav kisloroda bornykh mineralov iz kurchatovit-sakhaitovykh rud mestorozhdeniya Solongo [Oxygen isotopic composition of boron minerals from kurchatovite-sakhaite ores of the Solongo deposit]. Nauki o Zemle i nedropol'zovaniye, 2022, V. 45, No. 2, pp. 104–118. (In Russ.)
11. *Izbrodina S. Yu., Khubanov V. B.* Rol' granitizatsii v formirovanii magnezial'no-skarnovogo zhelezo-bornogo mestorozhdeniya Solongo (Ozerninskiy rudnyy uzel, Respublika Buryatiya) [The role of granitization in the formation of the magnesian-skarn iron-boron deposit Solongo (Ozerninsky ore cluster, Republic of Buryatia)]. Novoye v poznanii protsessov rudoobrazovaniya: sb. tr. X Rossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy shkoly s mezhdunarodnym uchastiyem, Moscow, IGEM RAN publ., 2021, pp. 116–119. (In Russ.)
12. *Kazanskiy V. I.* Unikal'nyy Tsentral'no-Aldanskiy zoloto-uranovyy rudnyy rayon (Rossiya) [Unique Central Aldan gold-uranium ore region (Russia)]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2004, V. 46, No. 3, pp. 195–211. (In Russ.)
13. *Kovalev K. R., Baylina M. V., Akimtsev V. A., Anoshin G. N.* Stratiformnyye tsinkovo-kolchedannyye rudy i zolotorudnaya mineralizatsiya na Nazarovskom mestorozhdenii (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Stratiform zinc pyrite ores and gold mineralization at the Nazarovskoye deposit (Western Transbaikalia)]. Geologiya i geofizika, 2003, V. 44, No.10, pp. 963–978. (In Russ.)
14. *Kovalev K. R., Buslenko A. I.* Gidrotermal'no-osadochnyy rudogenez i polimetamorfizm rud Ozerninskogo rudnogo uzla (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Hydrothermal-sedimentary ore genesis and polymetamorphism of ores of the Ozerninsky ore cluster (Western Transbaikalia)], Novosibirsk, Nauka publ., 1992, 214 pp. (In Russ.)
15. *Kovalev K. R., Ripp G. S., Distanov E. G., Baulina M. V.* Zhelezisto-magnezial'nyye karbonaty i variatsii izotopov ugleroda i kisloroda na gidrotermal'no-osadochnom kolchedanno-polimetallicheskom mestorozhdenii Ozernoye (Zabaykal'ye) [Iron-magnesian carbonates and variations of carbon and oxygen isotopes at the hydrothermal-sedimentary sulfide-polymetallic deposit Ozernoe (Transbaikalia)]. Geologiya i geofizika, 2005, V. 46, No. 4, pp. 383 – 397. (In Russ.)
16. *Kozlov A. V., Pechenkin M. M., Savichev A. A., Bambayev T. S.* Novyye cherty glubinnogo stroyeniya Ozer-

ninskogo rudnogo uzla po dannym magnitotelluricheskogo zondirovaniya [New features of the deep structure of the Ozerninsky ore cluster according to magnetotelluric sounding data]. Zapiski Gornogo instituta, 2011, V. 189, pp. 260–263. (In Russ.)

17. *Minina O. R., Gordiyenko I. V., Damdinov B. B., Tashlykov V. S., Goneger T. A., Skripnikov M. S., Lantseva V. S., Khubanov V. B., Kislov Ye. V.* Novyye dannyye o vozraste rudovmeshchayushchikh otlozheniy Ozernogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaykal'ye) [New data on the age of ore-bearing deposits of the Ozernoe polymetallic deposit (Western Transbaikalia)]. Litologiya i poleznyye iskopayemyye, 2023, No. 3, pp. 299–314. (In Russ.)
18. *Minina O. R., Doronina N. A., Nekrasov G. Ye., Vetluzhskikh L. I., Lantseva V. S., Aristov V. A., Naugol'nykh S. V., Kurilenko A. V., Khodyreva Ye. V.* Ranniye gertsinidy Baykalo-Vitimskoy skladchatoy sistemy (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Early Hercynides of the Baikal-Vitim fold system (Western Transbaikalia)]. Geotektonika, 2016, No. 3, pp. 63–84. (In Russ.)
19. *Mironov A. G., Karmanov N. S., Mironov A. A., Khodyreva Ye. V.* Zoloto-branneritovyye samorodki v rossypi Ozerninskogo rudnogo uzla (Buryatiya) [Gold-brannerite nuggets in the placer of the Ozerninsky ore cluster (Buryatia)]. Geologiya i geofizika, 2008, V. 49, No. 10, pp. 984–989. (In Russ.)
20. *Nefed'yev M. A.* Ob»yemnaya model' i otsenka perspektiv Ozerninskogo rudnogo uzla po geofizicheskim dannym (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Volumetric model and assessment of the prospects of the Ozerninsky ore cluster according to geophysical data (Western Transbaikalia)], Ulan-Ude, BNTS SO RAN publ., 2009, 184 p. (In Russ.)
21. *Ponomapev V. G., Lapin B. N., Buslenko A. I.* Preobrazovaniye gidrotermal'no-osadochnykh kolchedanno-polimetallicheskikh i zheleznykh rud v Yeravninskom rudnom rayone [Transformation of hydrothermal-sedimentary pyrite-polymetallic and iron ores in the Eravninsky ore region]. Geologiya i genezis redkometall'nykh i polimetallicheskikh mestorozhdeniy Sibiri, Novosibirsk, Nauka publ., 1978, pp. 74–92. (In Russ.)
22. *Platov Ye. V., Ignatov A. M., Patrakhin Ye. G., Bol'shakova T. V., Minina O. R., Lantseva V. S.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-ye. Seriya Barguzino-Vitimskaya. List N-49-XXVIII (Gunda). Ob»yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000. 2nd. Series Barguzino-Vitimskaya. Sheet N-49-XXVIII (Gunda). Explanatory note], St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI publ., 2016, 208 p. (In Russ.)
23. *Ripp G. S., Khodyreva Ye. V., Izbrodin I. A., Rampilov M. O., Lastochkin Ye. I., Posokhov V. F.* Geneticheskaya priroda apatit-magnetitovykh rud Severo-Gurvunurskogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Genetic nature of apatite-magnetite ores of the Severo-Gurvunur deposit (Western Transbaikalia)]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2017, V. 59, No. 5, pp. 419–433. (In Russ.)
24. *Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Aristov V. A., Golionko B. G., Larionov A. N., Lykhin D. A., Nekrasov G. Ye.* Geodinamika Yeravninskoy zony (Udino-Vitimskaya skladchataya sistema Zabaykal'ya): geologicheskiye i geokhronologicheskiye dannyye [Geodynamics of the Eravna zone (Udino-Vitim fold system Transbaikalia): geological and geochronological data]. Doklady RAN, 2010, V. 434, No. 3, pp. 361–364. (In Russ.)
25. *Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Nekrasov G. Ye., Aristov V. A., Golionko B. G., Doronina N. A., Lykhin D. A.* Baykalo-Vitimskaya skladchataya sistema: stroyeniye i geodinamicheskaya evolyutsiya [Baikal-Vitim fold system: structure and geodynamic evolution]. Geotektonika Baikal-Vitim fold system: structure and geodynamic evolution, 2012, No. 2, pp. 3–28. (In Russ.)
26. *Ryzhkova Yu. A.* Mineralogiya rud Nazarovskogo tsinkovogo mestorozhdeniya (Ozerninskiy rudnyy uzel, Buryatiya) [Mineralogy of ores of the Nazarovsky zinc deposit (Ozerninsky ore cluster, Buryatia)]. Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov-2020. Kriticheskiye metally v rudoobrazuyushchikh sistemakh, Miass, YUU FNTS MiG UrO RAN publ., 2020, pp. 98–102. (In Russ.)
27. *Tarasova R. S., Babkin I. N., Bliznyuk M. V., Fil'ko A. S., Gorbunov S. V., Alkalayev B. K.* Ozernoyekolchedannoye svintsovo-tsinkovoye mestorozhdeniye. Otchet za 1964–1969 gg. s podschetom zapasov [Lake sulfide lead-zinc deposit. Report for 1964–1969 with calculation of reserves], Ulan-Ude, Buryat. geol. upr. publ., 1969, 432 p. (In Russ.)
28. *Tarasova R. S., Bliznyuk M. V., Babkin I. N.* O formatsionnom tipe i genezise Ozernogo svintsovo-tsinkovogo kolchedannogo mestorozhdeniya [On the formational type and genesis of the Ozernoe lead-zinc pyrite deposit]. Geologiya i genezis endogennykh rudnykh formatsiy Sibiri, Vyp. 143, M., Nauka, 1972, pp. 79–97. (In Russ.)
29. *Feofilaktov G. A., Tsarev D. I., Nefed'yev M. A.* O roli razryvnykh narusheniy v lokalizatsii polimetallicheskogo i drugikh tipov orudeneniya Ozerninskogo rudnogo uzla [On the role of faults in the localization of polymetallic and other types of mineralization of the Ozerninsky ore cluster]. Problemy metasomatizma i rudoobrazovaniya Zabaykal'ya, Novosibirsk, Nauka, 1985, pp. 52–58. (In Russ.)
30. *Khlybov V. P.* Informatsionnyy otchet o rezul'tatakh pervogo etapa poiskovykh rabot po izucheniyu zolotonosnosti Ozernogo mestorozhdeniya i yego kor vyvetrivaniya za 2005 g [Information report on the results of the first stage of prospecting to study the gold content of the Ozernoye deposit and its weathering crusts in 2005], Irkutsk, 2005, 35 p. (In Russ.)

31. *Khodyreva Ye. V., Patrakhina A. V., Kanakin S. V., Ripp G. S.* Mineral'nyy sostav i geneticheskiye osobennosti apatit-magnetitovykh rud mestorozhdeniya Severnyy Gurvunur (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Mineral composition and genetic features of apatite-magnetite ores of the Northern Gurvunur deposit (Western Transbaikalia)]. Otechestvennaya geologiya, 2013, No. 3, pp. 91–98. (In Russ.)
32. *Tsarev D. I.* Genezis Ozernogo kolchedanno-tsinkovogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye [Genesis of the Ozernoe pyrite-zinc deposit in Transbaikalia]. Izv. AN SSSR, 1983, pp. 97–107. (In Russ.)
33. *Tsarev D. I., Firsov A. P.* Problema formirovaniya kolchedannykh mestorozhdeniy (na primere Zabaykal'ya) [The problem of the formation of pyrite deposits (on the example of Transbaikalia)], Moscow, Nauka publ., 1988, 144 p. (In Russ.)
34. *Tsygankov A. A., Litvinovskiy B. A., Dzhan' B. M.* et al. Posledovatel'nost' magmaticheskikh sobytiy na pozdnepaleozoyskom etape magmatizma Zabaykal'ya (rezul'taty U-Pb izotopnogo datirovaniya) [Sequence of magmatic events at the Late Paleozoic stage of magmatism in Transbaikalia (results of U-Pb isotope dating)]. Geologiya i geofizika, 2010, V. 51, No. 9, pp. 1249–1276. (In Russ.)
35. *Yazmir M. M., Dalmatov B. A., Yazmir I. K.* Atlas fauny i flory paleozoya i mezozoya Buryatskoy ASSR. Paleozoy [Atlas of the fauna and flora of the Paleozoic and Mesozoic of the Buryat ASSR. Paleozoic], Moscow, Nedra publ., 1975, 184 p. (In Russ.)
36. *Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I.* Riftogennyy magmatizm aktivnykh kontinental'nykh okrain i yego rudonosnost' [Riftogenic magmatism of active continental margins and its ore content], Moscow, Nauka, 1991, 263 p. (In Russ.)
37. *Harlov D. E., Andersson U. B., Forster H.-J., Nystrom J. O., Dulsky P., Broman C.* Apatite–monazite relations in the Kiirunavaara magnetite–apatite ore, northern Sweden. Chemical Geology, 2002, V. 191, P. 47–72.

Статья поступила в редакцию 10.05.23; одобрена после рецензирования 19.05.23; принята к публикации 22.05.23.
The article was submitted 10.05.23; approved after reviewing 19.05.23; accepted for publication 22.05.23.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается.
Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».
Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или намеченных к публикациям в других изданиях, не допускается.