

Озёрное колчеданно-свинцово-цинковое месторождение: особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия

Аннотация. Рассматриваемое колчеданно-свинцово-цинковое месторождение Озёрное входит в число наиболее значимых объектов Российской Федерации по запасам свинца и цинка. Оно приурочено к Удино-Витимской структурно-формационной зоне (СФЗ). Его геологическое строение, а также процессы генезиса долгое время являются предметом научных дискуссий, включая радикально различающиеся трактовки. На основе обобщения материалов предыдущих исследований составлена схема районирования Удино-Витимской СФЗ с указанием положения в её структуре данного месторождения. В пределах Озёрнинского рудного узла главную промышленную ценность представляет свинцово-цинковая минерализация, подразделяемая на два промышленно-генетических типа: колчеданно-полиметаллические залежи среди вулканогенных, вулканогенно-осадочных пород и полиметаллические (галенит-сфалерит-халькопирит-пирротинные) жилы, зоны вкрапленности и скарново-метасоматические залежи в карбонатных и карбонатно-вулканогенных породах. Геологический разрез месторождения сложен породами верхней и нижней подсвит олдындинской свиты, в нём выделяются три рудовмещающих горизонта. Месторождение занимает положение в дистальной фациальной обстановке между двумя палеоцентрами вулканической деятельности. По своей принадлежности оно относится к типу VMS и отличается надвулканическим положением рудных тел, пространственно связанных с рифогенными постройками. Для рудных залежей установлена ритмично-слоистая и градационно-слоистая зональность. Новые сведения о вещественном составе руд получены в результате изучения их основных типов с применением сканирующей электронной микроскопии. О возможном формировании древних колчеданных руд по модели, аналогичной современным «чёрным курильщикам», свидетельствуют холмообразная форма проксимальных рудных залежей, широкое распространение брекчиевых, градационно-слоистых и иных текстур, образованных за счёт обломочного материала самих гидротермальных построек, а также осаждения тонкодисперсного рудного вещества из восходящих плюмов. Ярусное расположение рудных тел позволяет предполагать возможность наращивания рудной массы в нижних, уже частично погребённых залежах, посредством процессов замещения в придонной, слабопроницаемой среде.

Ключевые слова: Удино-Витимская СФЗ, Озёрное месторождение, VMS, свинец, цинк.

КУЗНЕЦОВ ВЛАДИМИР ВЕНИАМИНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела, okt@tsnigri.ru

СЕРАВИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией, seravina@tsnigri.ru

КУЗНЕЦОВА ТАТЬЯНА ПЕТРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, kuznetsova@tsnigri.ru

КУЗНЕЦОВА СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, skuznetsova@tsnigri.ru

ДОНЕЦ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук

ИВАНЕНКОВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА, старший научный сотрудник, ivanenkova@tsnigri.ru

КОНКИНА АНАСТАСИЯ АЛЕКСАНДРОВНА, старший научный сотрудник, konkina@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

The Ozernoe lead-zinc massive sulfide deposit: its geological features and the Lower Cambrian volcanosedimentary sequence accumulation conditions

V. V. KUZNETSOV, T. V. SERAVINA, T. P. KUZNETSOVA, S. V. KUZNETSOVA, A. I. DONETS, E. V. IVANENKOVA, A. A. KONKINA

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

Abstract. The Ozernoe lead-zinc massive sulfide deposit is one of the most significant objects of the Russian Federation in terms of the lead and zinc reserves. The ore deposit is confined to the Udina-Vitim structural and formation zone (SFZ), and its geological features and genesis have long been the subject of scientific debate, including radically different interpretations. Position of this ore deposit in the regional structure is indicated on the schematic metallogenic map of the Udina-Vitim SFZ, compiled based on generalization of the retrospective data. The main industrial value within the Ozernoe ore cluster belongs to the lead-zinc mineralization that is divided into two industrial and genetic types: (1) the polymetallic VMS lodes in volcanic and volcanosedimentary rocks and (2) polymetallic (galena-sphalerite-chalcopyrite-pyrrhotite) veins, dissemination zones, and skarn-metasomatic lodes in carbonate and carbonate-volcanogenic rocks. The geological section of the ore deposit is composed of rocks of the upper and lower sub-formations of the Oldyndinskaya Formation and includes three ore-bearing horizons. The deposit formed in a distal facial setting between two paleocenters of volcanic activity. It is assigned to the VMS type and is characterized by a supra-volcanic position of the ore bodies and by their spatial relation to reef structures. The ore lodes were revealed to possess rhythmically layered and gradational layered zonalities. New information on the composition of the ores was obtained due to studying their main types using scanning electron microscopy. The possibility of formation of the ancient massive sulfide ores according to a model of the recent "black smokers" is evidenced by the hill-like shape of the proximal ore lodes; by the widespread distribution of the brecciform, gradational layered, and other textures formed at the expense of detrital material of the hydrothermal structures themselves; and by deposition of finely dispersed ore matter from ascending plumes. The tiered-style arrangement of the ore bodies suggests the possibility of additional ore mass accumulation in the lower lodes, that had already been partially buried, through processes of substitution in a subseafloor, poorly permeable environment.

Key words: Udina-Vitim SFZ, Ozernoe deposit, VMS, lead, zinc.

Введение. Озёрное колчеданно-свинцово-цинковое месторождение – одно из крупнейших месторождений свинца и цинка в Российской Федерации. Оно расположено в пределах Удино-Витимской структурно-формационной зоны, Еравнинской подзоны, одноимённого рудного района, Озёрнинского рудного узла. Месторождение имеет богатую историю изучения с большим количеством точек зрения (вплоть до диаметрально противоположных) о его геологическом строении и механизмах формирования.

Сотрудники ЦНИГРИ, в том числе авторы настоящей статьи, на протяжении восьми лет (в период разведки и подсчёта запасов месторождения) занимались его изучением. В частности, впервые была высказана и доказана синклинальная структура и этажное расположение рудных тел [4]. В современный период дополнительно был собран и изучен каменный материал, который в комплексе с ранее полученными и проинтерпретированными данными лёг в основу настоящей статьи.

Удино-Витимская структурно-формационная зона. К югу от Байкальской горной области и к юго-востоку от восточного побережья оз. Байкал обширные площади Западного Забайкалья заняты разновозрастными гранитоидами крупнейшего Ангаро-Витимского батолита. В них расположены разновеликие останцы нижнекембрийских вулканогенно-осадочных пород, фиксирующих структуры ранних каледонид преимущественно северо-восточного простирания. По литологическому составу, объёмному соотношению пород и характеру распределения продуктов вулканической деятельности на территории Удино-Витимской СФЗ выделяются две структурно-формационные подзоны: внутренняя – Еравнинская, с широким развитием вулканогенных формаций и внешняя – Курбинская, с существенно карбонатным осадконакоплением. На основе данных [8, 9 и др.] составлена схема районирования Удино-Витимской структурно-формационной (минерагенической) зоны (рис. 1).

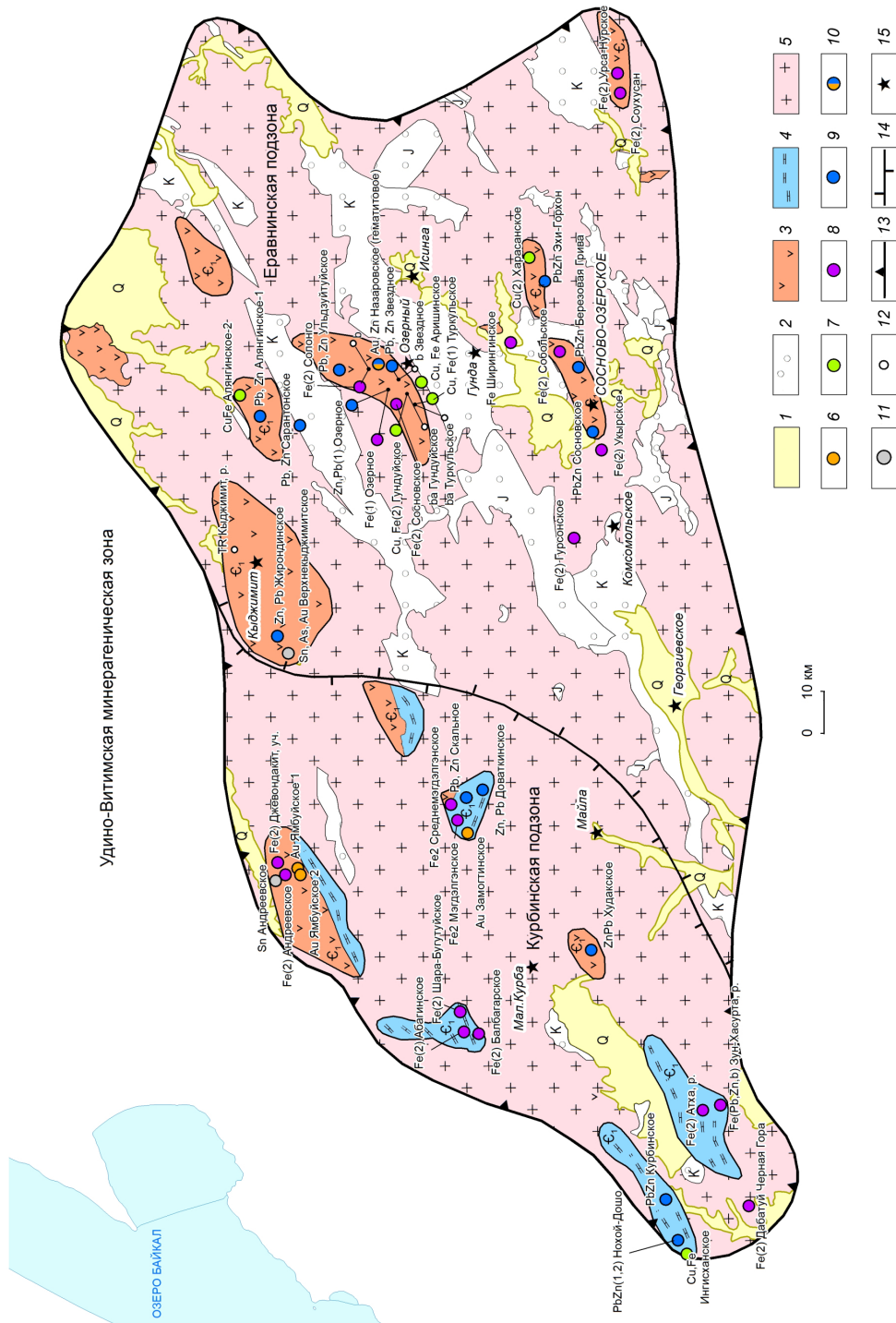
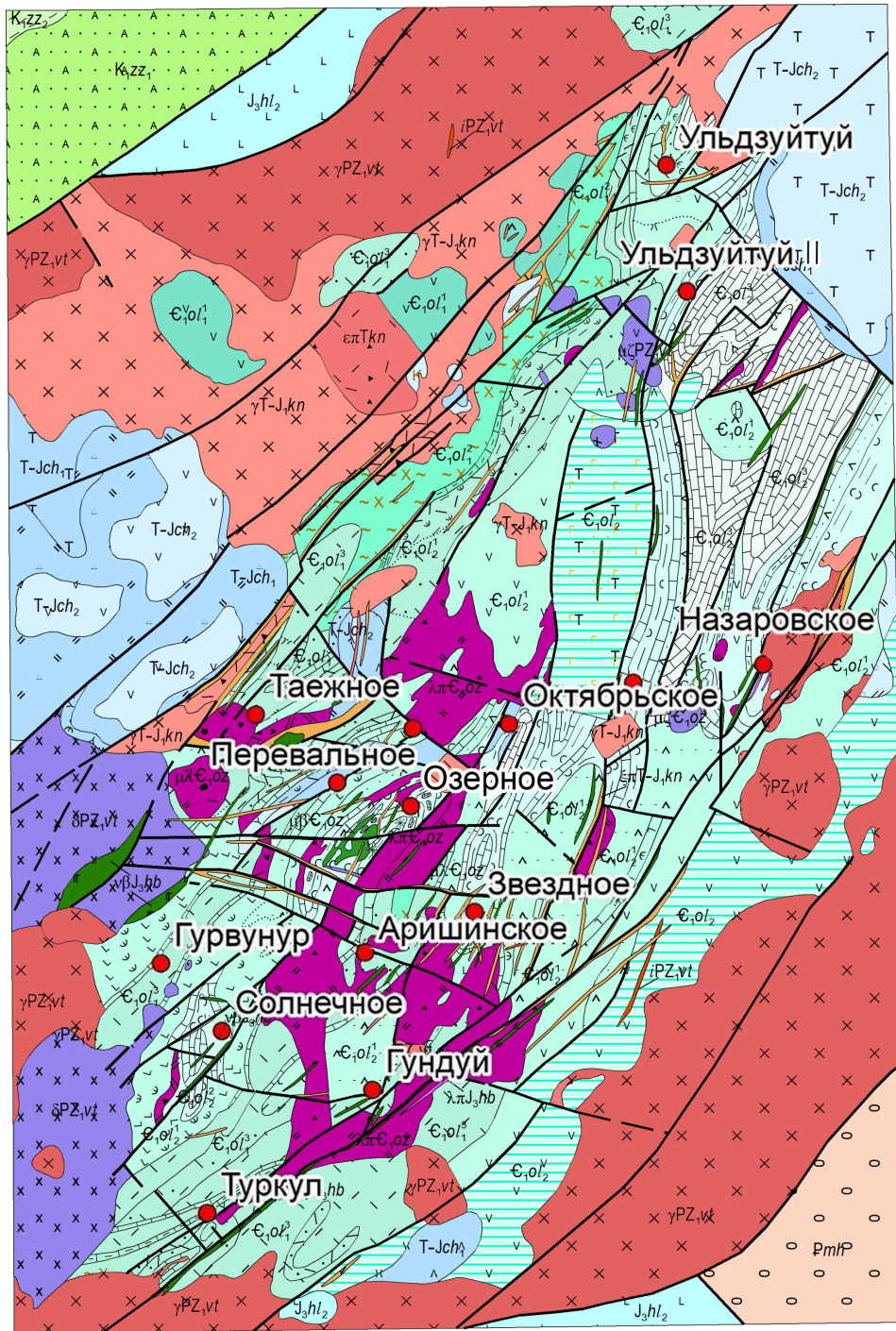
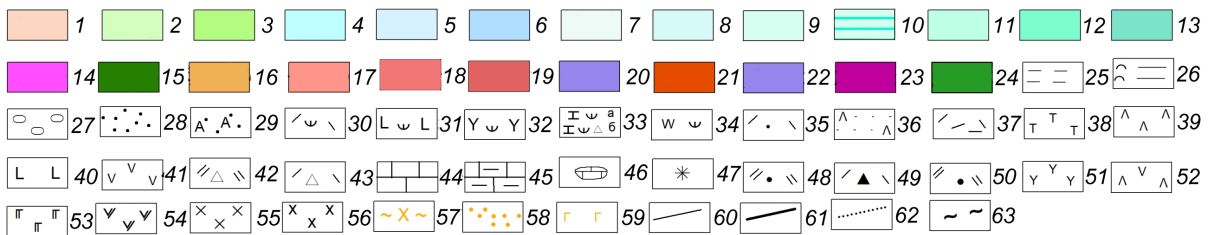


Рис. 1. Схема Удино-Витимской структурно-формационной (минералогической) зоны, с использованием материалов [9, 10]:

1–4 – отложения; 1 – четвертичные (Q), 2 – перекрывающие юрско-меловые (J, K), 3–4 – рудоносные; 3 – терригенно-карбонатно-вулканогенные ольдинской свиты, 4 – доломито-известняковые курбинской свиты; 5 – раннепалеозойские и триасовые интрузии Витимканского и Куналейского комплексов (без расчленения); 6–12 – месторождения и рудопроявления: 6 – золоторудные, 7 – медные и железо-медные, 8 – железорудные, 9 – свинцово-цинковые, 10 – свинцово-цинковые золотосодержащие, 11 – оловянно-мышьяковые, 12 – барит-полиметаллические; 13–14 – границы; 13 – Удино-Витимской СФ3, 14 – структурно-формационных подзон; 15 – населённые пункты



0 2 KM



Удино-Витимская структурно-формационная (минерагеническая) зона имеет определённую металлогеническую специализацию. Рудоносность в пределах Курбинской подзоны отмечалась ещё М. М. Тетяевым [54], позднее П. М. Хреновым и Н. И. Рафиенко [59], а также другими исследователями. Подчёркивалась приуроченность оруденения к осадочно-вулканогенным породам, а полиметаллических проявлений – к карбонатным породам нижнего кембрия. В 1960-х гг. в результате интенсивных геолого-геофизических работ на территории Удино-Витимской СФЗ в останцах нижнекембрийских пород в Еравнинской и Курбинской подзонах был открыт ряд новых железорудных, колчеданных, медных, колчеданно-полиметаллических, полиметаллических, марганцевых и фосфорных месторождений и рудопроявлений, относящихся к скарновому, гидротермально-метасоматическому и гидротермально-осадочному генетическим типам [3, 6, 19, 26, 29, 41, 50, 57 и другие].

Так, А. А. Крупский и В. Ф. Рукавец [28] отмечали приуроченность свинцово-цинковой минерализации к карбонатным толщам Курбинской подзоны краевой зоны геосинклинали, а колчеданно-полиметаллических руд – к осадочно-вул-

каногенным толщам Еравнинской подзоны внутренней зоны.

В Еравнинской подзоне рудоносными преимущественно являются терригенно-карбонатно-вулканогенные отложения олдындинской свиты. С отложениями свиты генетически и парагенетически связаны месторождения колчеданно-полиметаллические, железо-скарновые, сидеритовые, медно-баритовые и боровые. В пределах Еравнинской подзоны выделяются несколько рудных узлов, в том числе Озёрнинский, в состав которого входит одноимённое месторождение.

Озёрнинский рудный узел находится в южной части Удино-Витимской СФЗ и в структурном отношении соответствует одноимённому блоку первого порядка (см. рис. 1).

Площадь рудного узла, такая же как и площадь блока, т. е. 80 км². В геологическом строении рудного узла (рис. 2) принимают участие стратифицированные образования нижнего кембрия и триасово-раннеюрского возраста. На большей части площади рудного узла обнажаются породы вулканогенных пачек среднего и кислого состава, а также субвулканические интрузии автомагматических брекчий риолитового и дацитового состава. Пачка туфогенно-осадочных пород, к которой

Рис. 2. Геологическая карта Озёрнинского рудного узла, с использованием материалов [4]:

1 – палеоген, мохейская свита (Pmh); 2–3 – нижний мел, зазинская свита: 2 – верхняя (K_1zz_2) и 3 – нижняя (K_1zz_1) подсвиты; 4 – верхняя юра, хилокская свита, верхняя посвита (J_3hl_2); 5–6 – триас–нижняя юра, цаганхунтейская свита: 5 – верхняя ($T-Jch_2$) и 6 – нижняя подсвита ($T-Jch_1$); 7–13 – нижний кембрий, олдындинская свита: 7–9 – верхняя подсвита, пачки: 7 – верхняя ($\epsilon_1 o l^3_2$), 8 – средняя ($\epsilon_1 o l^2_2$), 9 – нижняя ($\epsilon_1 o l^1_2$); 10–13 – нижняя подсвита, пачки: 10 – нерасчленённая ($\epsilon_1 o l_2$), 11 – верхняя ($\epsilon_1 o l^3_1$), 12 – средняя ($\epsilon_1 o l^2_1$), 13 – нижняя пачка ($\epsilon_1 o l^1_1$); 14–22 – интрузивные породы: 14–15 – верхняя юра, Хурае-Байбинский комплекс, дайки и штоки: 14 – риолиты ($\lambda \pi J_3 hb$), 15 – долериты ($\nu \beta J_3 hb$); 16–18 – триас–нижняя юра, Куналейский комплекс: 16 – дайки сиенит-порфири и граносиенитов ($\xi \pi T - J_1 kn$), 17 – граниты ($\gamma T - J_1 kn$), 18 – ортофиры и их эруптивные брекчии ($\epsilon \pi T kn$); 19–21 – нижний палеозой, Витимканский комплекс: 19 – граниты ($\gamma PZ_1 vt$), 20 – диориты ($\delta PZ_1 vt$), 21 – дайки аплитов и аплит-пегматитов ($i PZ_1 vt$); 22–24 – нижний кембрий, Озёрнинский комплекс: 22 – андезиты и андезидациты ($\mu \zeta \epsilon_1 oz$), 23 – автомагматические брекчии риолитов и риодацитов ($\lambda \pi \epsilon_1 oz$), 24 – диабазы ($\mu \beta \epsilon_1 oz$); 25 – алевролиты и аргиллиты; 26 – туфоалевролиты, алевритовые туфы туффиты, туфопесчаники; 27 – конгломераты и галечники; 28 – песчаники; 29 – аркозовые песчаники; 30–32 – туфы: 30 – кислого, 31 – основного и 32 – щелочного составов; 33 – чередование известковых алевролитов и туффитов разного состава (a), с брекчиями (b); 34 – чередование туффитов и углеродистых алевролитов; 35 – туфы и туфолавы кислого состава; 36 – туфы и туфолавы среднего состава; 37 – риолиты, риодациты; 38 – трахиты; 39–41 – лавы: 39 – дацитов, 40 – андезитов и андезидацитов, 41 – базальтов и андезибазальтов; 42 – агломератовые туфы и туфолавы трахитов; 43 – агломератовые туфы и туфолавы риодацитов; 44 – известняки; 45 – слоистые известняки; 46 – известняковые брекчии; 47 – сидериты; 48 – риолиты и риодациты; 49 – эруптивные брекчии трахитов; 50 – автомагматические брекчии риолитов и риодацитов; 51 – сиениты; 52 – андезиты и андезидациты; 53 – габбро-долериты; 54 – диабазы; 55 – граниты; 56 – диориты; 57 – сланцы кварцево-хлорит-серицитовые; 58 – ороговикование; 59 – гранитизация; 60 – геологические границы; 61 – разломы; 62 – фациальные границы; 63 – зоны расланцевания

Таблица. Геологическая характеристика Озёрнинского рудного узла

Литологические пачки и интрузии, слагающие рудный узел	Литологический состав стратиграфических подразделений (в %)				Условия залегания стратифицированных пород и формы интрузий
	Породы				
	Карбонатные	Вулканогенно-осадочные	Вулканогенные среднего состава	Вулканогенные кислого состава	
Пачка органогенных известняков	75–80	20–25	–	–	В ядрах синклиналей
Туфогенно-осадочная пачка	30	40	–	30	В ядрах и крыльях синклиналей
Пачки вулканогенных пород кислого состава	40–20	10–15	–	45–70	В рядах и крыльях антиклиналей
Туфогенно-осадочная пачка	5–10	90–95	–	–	В ядрах синклиналей
Триасовые вулканогенные образования:	–	20–30	–	70–80	В грабен-синклиналях
1) автомагматические брекчии риодацитов					Субпластовые и крутопадающие тела
2) диабазы					Субпластовые дайки
3) риолиты и дациты					Штоки и вулканические некки
4) андезиты					Дайки субширотные и северо-западного простирания
Витимканский комплекс:					
1) диориты и гранодиориты					Небольшие массивы по краям рудного узла
2) граниты II фазы					Один шток и несколько даек
Куналейский комплекс:					
1) агломератовые фации					Вулканические некки
2) субщелочные граниты и сиенит-порфиры					Протяжённые дайки субширотного и северо-восточного простирания
Уррас-байбинский комплекс:					
долериты					Редкие дайки северо-восточного простирания

приурочены основные промышленные залежи колчеданно-полиметаллических руд, имеет в рудном районе наибольшую мощность. Геологическая характеристика рудного узла приведена в таблице.

В составе вулканогенных пород кислого состава в Озёрнинском рудном узле преобладают лавовые и туфовые фации кислого состава. Разнообломочные туфы андезитов и андезидацитов, развитые в северной части узла, к югу постепенно сменяются вулканогенно-осадочными породами. Интрузии Витимканского комплекса проявились только по периферии рудного узла в приподнятых блоках, они в большинстве случаев представлены гранодиоритами и диоритами первой фазы внедрения.

Наибольшее промышленное значение в Озёрнинском рудном узле имеет свинцово-цинковое оруденение, которое представлено двумя промышленно-генетическими типами: колчеданно-полиметаллические залежи среди вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород и полиметаллические (галенит-сфалерит-халькопирит-пирротиновые) жилы, зоны вкрапленности и скарново-метасоматические залежи в карбонатных и карбонатно-вулканогенных породах. На рис. 3 показано положение основных полиметаллических месторождений и рудопроявлений в разрезе нижнекембрийских вулканогенно-осадочных отложений. Колчеданно-полиметаллические руды в Озёрнинском рудном узле тесно ассоциируют с субвулканическими интрузиями раннекембрийского возраста, которые широко развиты в пределах узла.

Геологическая характеристика месторождения. Месторождение Озёрное расположено в центральной части Озёрнинского рудного узла, в пределах одноимённого рудного поля. Данное рудное поле характеризуется большой мощностью (более 1500 м) нижнекембрийских отложений и глубоким, по данным геофизики, залеганием (на глубине более 2000 м) кровли гранитов Витимканского комплекса.

Участок месторождения сложен породами верхней и нижней подсвит олдындинской свиты (рисунки 4, 5), в пределах которых выделяются три рудоносных уровня. В настоящее время промышленное значение имеет верхний уровень, где сосредоточены основные запасы месторождения.

Рудные тела *верхнего рудоносного уровня* локализируются в пачке переслаивания известняков, известняковых брекчий, туфов в туфогенно-оса-

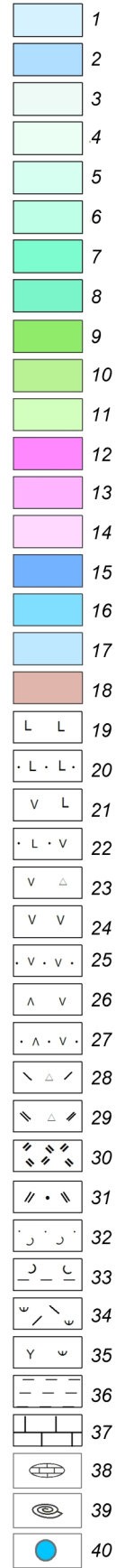
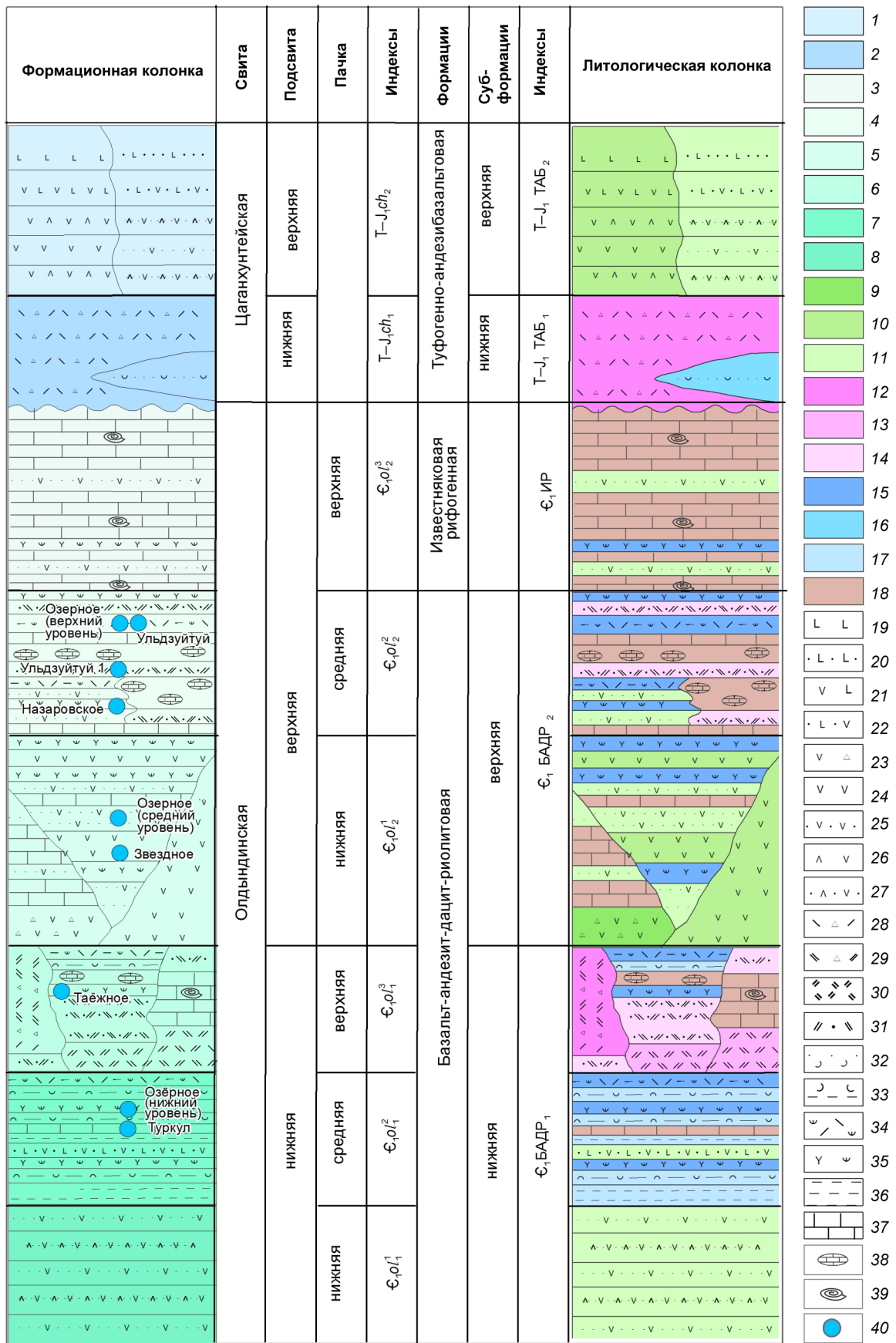
дочных породах верхней подсвиты олдындинской свиты нижнего кембрия, в составе которой выделяются туффитовый, первый и второй продуктивные, а также кристаллотуфовый горизонты (рис. 6) [18].

1. *Туффитовый горизонт.* Породы описываемого горизонта постепенно выклиниваются в направлении от ядра Озёрной синклинали к её юго-восточному крылу, где они срезаются субвулканической интрузией. В составе горизонта выделяются два ритма. Нижний ритм сложен тёмно- и зеленовато-серыми тонкообломочными слоистыми туффитами с маломощными прослоями углистых алевролитов, туфопесчаников, известняков и разнообломочных туфов. В основании ритма залегают известняковые брекчии и гравелиты. Часто ритм заканчивается прослоями или линзами колчеданно-полиметаллической руды. На северо-восточном фланге месторождения в нижнем ритме широко развиты разнообломочные туфы кислого состава.

Верхний ритм более выдержан. Его нижняя часть сложена биогермными известняками, известняковыми брекчиями и туфогравелитами. Цемент последних пиритизирован. На указанных породах залегают ритмично-слоистые известковистые туффиты, туфопесчаники и туфогравелиты, а также углистые алевролиты. Мощность слоёв колеблется от 1–10 до 0,3–0,5 м. Заканчивается разрез горизонта углистыми алевролитами мощностью от 5–7 до 10 м, в верхней части которых часто отмечается пирит-галенит-сфалеритовая минерализация. Общая мощность туффитового горизонта колеблется в пределах 80–120 м.

2. *Первый продуктивный горизонт.* В его состав входят карбонатные вулканогенно-обломочные породы, вмещающие колчеданно-полиметаллические рудные тела 8–12. В составе горизонта выделяются два подгоризонта. Нижний сложен известняками, брекчиями и туфогравелитами, реже туффитами и пространственно тяготеющими к ним колчеданно-полиметаллическими рудами (рудные тела 10–12). Карбонатные породы преобладают в ядре и на юго-восточном крыле Озёрной синклинали, туффиты и руды распространены в северо-западном крыле и отчасти в ядре синклинали. Мощность нижнего подгоризонта в ядре и юго-восточном крыле составляет 100–120 м, а в северо-западном крыле – 30–50 м.

Верхний подгоризонт сложен пластами разнозернистых туффитов, различных туфов и пласто-



образными рудными телами 8 и 9. В ядре синклинали преобладают туффиты, сменяющиеся в северо-западном крыле кристаллокластическими и витрокластическими туфами кислого состава. Мощность пластов – 415 м. Здесь же отмечены среднеобломочные игнимбриты мощностью 10–14 м в ядре синклинали и 4–7 м в северо-западном крыле. На юго-восточном крыле вулканогенно-осадочные породы замещены сидеритами. Общая мощность подгоризонта составляет 40–150 м.

3. *Второй продуктивный горизонт* сложен сидеритами и интенсивно сидеритизированными породами. Наиболее интенсивно сидеритизация проявилась в юго-восточном крыле синклинали, вдоль которого проходит Солнечно-Озёрнинский разлом северо-восточного простирания. В основании горизонта залегают известняки и известняковые брекчии (мощность 10–30 м в северо-западном крыле и 30–50 м в юго-восточном), вмещающие рудное тело 7. На известняковых брекчиях залегают ритмично-слоистые породы, мощностью 5–20 м (туфогравелиты, туфы кислого состава и туффиты), вмещающие рудные тела 6, 3, 2 и 1. Выше залегают сидериты, развитые по разнообломочным туфам, туффитам, туфогравелитам и известнякам. Их мощность – 5–15 м. Размер обломков уменьшается от юго-восточного крыла к северо-западному. Заканчивается разрез ритмично-слоистыми породами, не затронутыми

сидеритизацией. Ритм начинается известняковыми брекчиями и туфогравелитами, которые перекрываются туфопесчаниками, среднезернистыми кристаллотуфами, туффитами и углистыми алевролитами. Мощность ритма – 15–20 м. Мощность второго продуктивного горизонта колеблется от 50–90 м на северо-западном крыле синклинали до 100–120 м на юго-восточном.

4. *Кристаллотуфовый горизонт*. В составе горизонта выделяются два подгоризонта. Нижний сложен серыми сахаровидными известняками и известняковыми брекчиями. Иногда в низах подгоризонта вскрываются известковистые туфогравелиты, туфопесчаники, кристаллотуфы, известковистые туффиты. Мощность подгоризонта обычно составляет 15–55 м, достигая в ядре синклинали 70 м.

Верхний подгоризонт (кристаллотуфовый) сложен псефитовыми и псаммитовыми кристаллокластическими и литокластическими туфами и лавами кислого состава мощностью более 120 м. Общая мощность горизонта – до 190 м.

Описанные породы являются вмещающими для рудных тел, объединяемых в верхний рудоносный уровень. Кроме этого горизонта, на месторождении вскрыты залежи бедных колчеданно-полиметаллических руд, объединяемые в средний и нижний рудоносные уровни. Рудные тела среднего уровня залегают среди пород пачки

Рис. 3. Положение основных месторождений и рудопроявлений свинца и цинка в разрезе Озёрнинского рудного узла:

1–8 – **формационная легенда:** 1–2 – туфогенно-андезибазальтовая формация (цаганхунтейская свита): 1 – верхняя субформация, 2 – нижняя субформация; 3 – известняковая рифогенная формация (олдындинская свита, верхняя подсвита, верхняя пачка); 4–8 – базальт-андезит-дацит-риолитовая (олдындинская свита): 4–5 – верхняя субформация: 4 – средняя и 5 – нижняя пачки, 6–8 – нижняя субформация: 6 – верхняя, 7 – средняя и 8 – нижняя пачки; 9–18 – **фациальная легенда:** 9–11 – фации вулканогенных пород основного состава: 9 – околожерловая зона (лавобрекчии андезибазальтов и андезитов), 10–11 – промежуточная зона: 10 – лавы андезитов, андезибазальтов, базальтов, 11 – туфы базальтов, андезибазальтов и андезитов, 12–14 – фации вулканогенных пород кислого состава: 12 – околожерловая зона: лавобрекчии риолитов, риодацитов, 13–14 – промежуточная зона: 13 – лавы риолитов, риодацитов, дацитов, 14 – мелко- и среднеобломочные туфы риолитов, риодацитового и дацитового состава, 15–18 – фации вулканогенно-осадочных пород: удалённая зона: 15 – туффиты разного состава, 16 – туфопесчаники, 17 – туфоалевролиты, алевролиты, 18 – известняки; 19–38 – **литологическая легенда:** 19 – лавы базальтов, 20 – туфы базальтов, 21 – лавы андезибазальтов, 22 – туфы андезибазальтов, 23 – лавобрекчии андезитов, 24 – лавы андезитов, 25 – туфы андезитов, 26 – лавы андезидацитов, 27 – туфы андезидацитов, 28 – лавобрекчии риолитов, 29 – лавобрекчии дацитов, 30 – лавы риолитов, 31 – туфы риолитов мелкообломочные и среднеобломочные, 32 – туфопесчаники, 33 – туфоалевролиты, 34 – туффиты кислого состава, 35 – туффиты разного состава, 36 – алевролиты, 37 – известняки, 38 – известковистые брекчии; 39 – фауна; 40 – месторождения и рудопроявления

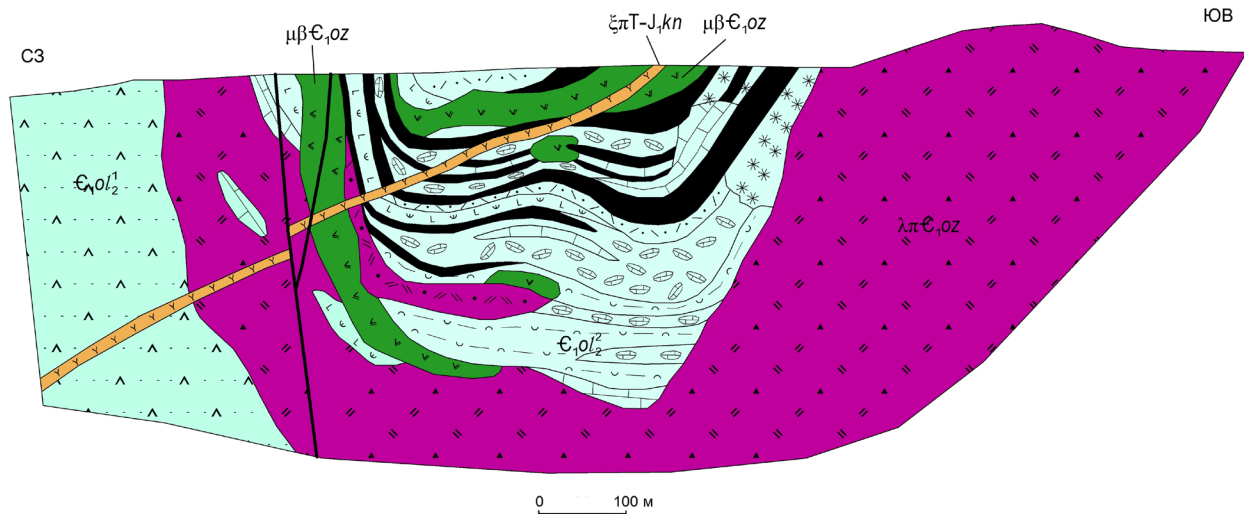


Рис. 5. Геологический разрез по линии I месторождения Озёрное, с использованием материалов [4]: см. услов. обозн. к рис. 2

Фациальный состав нижнекембрийских вулканогенных образований. Озёрное месторождение располагается в удалённой фациальной зоне между двумя центрами вулканической активности (рис. 7). Рассматривая закономерности распространения фаций в пределах рудного поля, следует отметить, что наиболее сильно проявились вулканические извержения центрального типа, обусловившие образование мощных покровов околожерловых и промежуточных фаций.

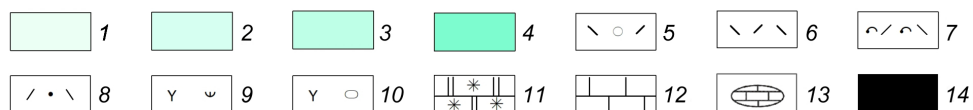
Жерловая зона. По данным В. А. Варламова [4], в полях развития жерловых фаций пород кислого и среднего состава в районе были оконтурены округлой и неправильной формы тела, сложенные породами, аналогичными по составу лавовым фациям. При изучении их взаимоотношений с окружающими эффузивно-пирокластическими образованиями установлено, что по удалению от них постепенно исчезают лавовые фации, а в составе пирокластов происходит смена агломератовых обломков лапиллиевыми, гравийными и псаммитовыми. Эти данные и вскрытые на трёх участ-

ках скважинами и горными выработками крутые контакты с вмещающими породами позволили рассматривать выделенные тела в качестве вулканических некков.

Околожерловая и промежуточная зоны. Эффузивно-пирокластические фации. Эффузивно-пирокластические породы наибольшим развитием пользуются в нижней и верхней пачках нижней подсвиты и в нижней пачке верхней подсвиты ольдиндинской свиты. Период формирования этих пачек, по-видимому, отвечает трём крупным вспышкам вулканической деятельности, разделённым периодами накопления вулканогенно-осадочных пород.

Условия формирования вулканогенных пород кислого состава также характеризуются определёнными изменениями. Чередование в разрезах лав и грубообломочных туфов свидетельствует о смене спокойных излияний извержениями с высоким коэффициентом эксплозивности (от 50 до 80 %). Присутствие в составе туфов слабоокатанных обломков пород и наличие в разрезе пластов

Индекс	Горизонт	Ритм	Литологическая колонка
Нижний кембрий, Олдындинская свита, верхняя подовита, средняя пачка $\epsilon_{1,01}^{12}$	Кристаллотуфовый 190 м	Верхний	
		Нижний	
	Второй продуктивный 50–120 м	Верхний	
		Нижний РТ 1–6	
	Первый продуктивный 70–300 м	Верхний РТ 8,9	
		Нижний РТ 10–12	
Туффитовый 80–120 м	Верхний		
	Нижний		



игнимбригов указывают на периодические опускания и воздымания выше уровня водной поверхности моря отдельных участков района.

Лавовые фации преобладают в промежуточных зонах вулканических построек. Мощность покровов варьирует от 1–10 до 100–110 м, наиболее крупные отмечены вблизи вулканических аппаратов.

Выдержанность состава лав и их обломков в туфах и туффитах свидетельствует о том, что эффузивы и пирокласты образовались из одних и тех же магматических источников. Все фациальные разновидности пород подвержены одним и тем же вторичным изменениям, выразившимся в альбитизации, серицитизации и частичной микроклинизации плагиоклазов. Вулканогенный материал цемента, как правило, раскристаллизован с образованием мезостаза из диагенетического кварца, серицита и редко мусковита и пумпелеита. Подобные вторичные изменения характерны для пород начальной стадии метаморфизма фации зелёных сланцев. Для всех разновидностей пород характерны одни и те же аксессуарные минералы: апатит, циркон и сфен, реже рутил.

Эффузивно-пирокластические и вулканогенно-осадочные фации пользуются широким развитием и характеризуются резкими колебаниями мощностей и фациальной изменчивостью состава.

Фактический материал [4] указывает на резкую фациальную изменчивость состава вулканогенных пород среднего состава. Эта изменчивость, прежде всего, выражается в смене прижерловых фаций, среди которых преобладают лавы и грубообломочные туфы андезитов и андезидацитов, фациями удалённых зон, представленные псаммитовыми туфами, туффитами, туфоалевролитами и известняками.

Условия формирования вулканических построек не были одинаковы. Широкое развитие грубообломочных лавовых и туфовых фаций в северо-западной части Озёрнинского блока указывают на высокий коэффициент эксплозивности

извержений на этих участках. К северо-западу от месторождения Озёрное преобладали вулканические аппараты центрального типа.

Прослой осадочных и туфогенно-осадочных пород среди эффузивно-пирокластических образований среднего состава свидетельствуют о пульсационном характере извержений и о накоплении большей части пород пачки в водных условиях. Последнее подтверждается и присутствием полуокатанных, редко окатанных обломков пород в туфах и туфолавах.

Удалённая зона. Осадочные породы пространственно тяготеют к центральным частям Озёрнинской синклинали.

Субвулканические тела Озёрнинского комплекса являются интрузивными аналогами пород олдындинской свиты и представлены автомагматическими брекчиями риодацитов [60, 61], дацитами, риолитами и агломератовыми эруптивными брекчиями.

Автомагматические брекчии прорывают рудовмещающую пачку и со всех сторон обрамляют месторождение, образуя силлообразное тело мощностью 140–200 м, повторяющее конфигурацию синклинали складки.

Дациты и риодациты слагают крутопадающее тело сложной формы, протягивающееся на 1,5 км вдоль северо-западного крыла месторождения.

Агломератовые эруптивные брекчии образуют крутопадающее трубообразное тело площадью около 0,24 км² на северо-восточном фланге месторождения.

Петрохимическая характеристика Озёрнинского вулканоплутонического комплекса. По результатам силикатных анализов пород Озёрнинского комплекса, приведённых в работах В. А. Варламова [4] и А. И. Донца [18], построен ряд диаграмм (рис. 8).

Из диаграммы TAS отношение суммы щелочей к кислотности (см. рис. 8, А) отчётливо видно, что вулканогенные породы принадлежат к непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации

Рис. 6. Геологическое строение верхней подсвиты олдындинской свиты в пределах Озёрного месторождения, с использованием материалов [4, 22]:

1–4 – средняя пачка верхней подсвиты олдындинской свиты, горизонты: 1 – кристаллотуфовый, 2 – второй продуктивный, 3 – первый продуктивный и 4 – туффитовый; 5–13 – **литологическая легенда**: 5 – туфы риолитов крупнообломочные, 6 – лавы риолитов, 7 – игнимбриды, 8 – туфы риолитов средне- и мелкообломочные, 9 – туффиты разного состава, 10 – чередование туффитов разного состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфоконгломератов, 11 – сидериты, 12 – известняки, 13 – известковистые брекчии; 14 – колчеданно-полиметаллическая руда

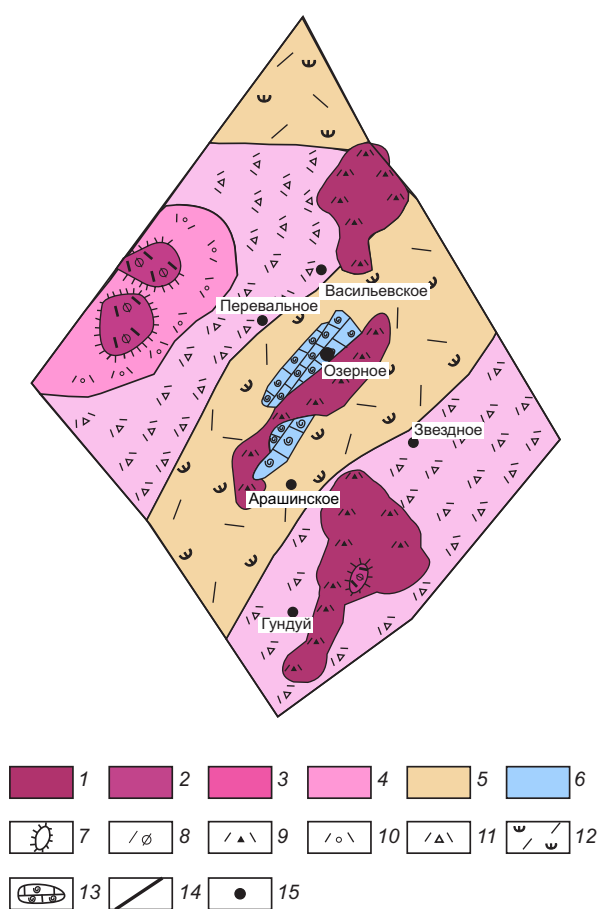


Рис. 7. Палеофациальная схема Озёрнинского рудного поля, с использованием материалов [4]:

1–5 – фациальные зоны: 1–2 – жерловые зоны, 3 – околожерловая зона, 4 – околожерловые и промежуточные зоны нерасчленённые, 5 – удалённая зона; 6 – рифогенные постройки; 7 – некки; 8 – риолиты, риодациты афировые; 9 – автомагматические брекчии кислого состава; 10 – крупнообломочные туфы, кластолавы кислого состава; 11 – лавы, лавобрекчии кислого состава, 12 – чередование туффигов, туфопесчаников, кремнистых туфогенных алевролитов; 13 – органогенные известняки; 14 – границы фациальных зон; 15 – месторождения, рудопроявления

умеренно щелочного и нормального ряда. По соотношению щелочей вулканыты принадлежат к калинатровой или натровой известково-щелочной серии (см. рис. 8, Б–Г).

Особо необходимо отметить состав автомагматических брекчий. Согласно данным Л. П. Хряниной [60, 61], состав субвулканических интрузий автомагматических брекчий колеблется от риолитов до андезидацитов. По содержаниям щелочей и полевошпатовой извести они отвечают кислым породам, но характеризуются значительным разбросом параметров содержаний. Породы пересыщены глинозёмом, что обусловлено серицитизацией плагиоклазов и присутствием в цветной части биотита.

Среди автомагматических брекчий выделяются две группы: одна с резким преобладанием Na_2O над K_2O , а другая с примерно равными соотношениями щелочей или небольшим преобладанием K_2O над Na_2O . Большой разброс значений свидетельствует или о неравномерном наложении процессов метаморфизма с привнесом калия, или о неравновесном первичном составе породы. Учитывая данные петрографических исследований, автор отмечает, что на разброс векторов влияли оба фактора.

Повышенное содержание TiO_2 наряду со значительным разбросом значений фермических компонентов является свидетельством их образования за счёт дифференциации андезитовой магмы.

Афировые риолиты жерловой зоны в целом располагаются в тех же полях, что и автомагматические брекчии. При этом они относятся к нормальному ряду и не пересыщены глинозёмом, что отражает несколько повышенные содержания роговой обманки и пироксена в цветной части породы.

Из приведённого материала видно, что все разновидности пород Озёрнинского вулcano-плутонического комплекса образуют единый непрерывный ряд от риолитов до базальтов, располагаясь в поле щёлочно-земельных пород с несколько повышенной щёлочностью. В целом они отвечают по составу производным калий-натриевой известково-щелочной серии магматических образований.

Из результатов полуколичественных спектральных анализов [4] видно, что в составе пород вулcano-плутонического комплекса имеются сквозные для всего комплекса, периодически встречающиеся в отдельных разностях пород и не свойственные комплексу в целом элементы: медь, серебро, цинк, никель, кобальт, галлий, олово, хром, марганец, титан, ванадий и барий.

Содержание таких элементов, как барий, марганец, гелий, серебро и олово, практически во всех разностях пород одинаковое. Некоторое

повышение содержаний бария, марганца и серебра в основных породах (реже в кислых и средних) отмечается обычно на рудных участках и обусловлено, по-видимому, влиянием рудных растворов на анализируемые породы.

Для таких элементов, как титан, ванадий, хром, никель, кобальт, медь и цинк, обнаруживается возрастание концентраций от кислых разностей к основным. В целом это явление закономерно, следует лишь подчеркнуть, что относительно высокие по сравнению с кларковыми содержания титана, ванадия и хрома в кислых разностях пород комплекса свидетельствуют об общности магматических очагов для всех разностей комплекса и о последовательной дифференциации магмы. Приведённые выше данные по химическому, геохимическому и минералогическому составу пород с учётом петрографических их описаний позволяют отнести их к единому вулканоплутоническому комплексу, обязанному своим происхождением базальтовой магме [4].

Возраст отложений олдындинской свиты. Первые определения возраста олдындинской свиты проведены А. А. Язмиром [64, 65], В. Г. Беличенко [2]. По их данным, отложения свиты относятся к алданскому ярусу (упразднён в настоящее время) нижнего кембрия.

Бурятской партией ЦНИГРИ в 1964 г. была собрана фауна археоциат. В ГИН АН СССР А. Н. Власовым они были определены как образования биогермной фации с бедным видовым составом. Возраст остатков – алданский ярус нижнего кембрия.

В 1966–1967 гг. были сделаны более богатые сборы в скважинах Озёрного месторождения. По определению А. Ю. Розанова (ГИН АН СССР), в целом комплекс фауны археоциат отвечает средней части нижнего кембрия (ботомский ярус, охватывающий верхи алданского–низи ленского ярусов).

Дальнейшее изучение фауны подтвердило и несколько уточнило этот результат. Породы средней подсвиты олдындинской свиты имеют возраст, пограничный между алданским и ленским ярусами.

Дополнительными сборами (2016–2023 гг.) [10, 34, 35] в известняках биогермов водораздела рек Ульдзуйтуй–Известняковый были определены археоциаты, типичные для облучевского и качинского горизонтов тойонского яруса.

К вопросу о происхождении известняковых брекчий. Как было показано выше, важное зна-

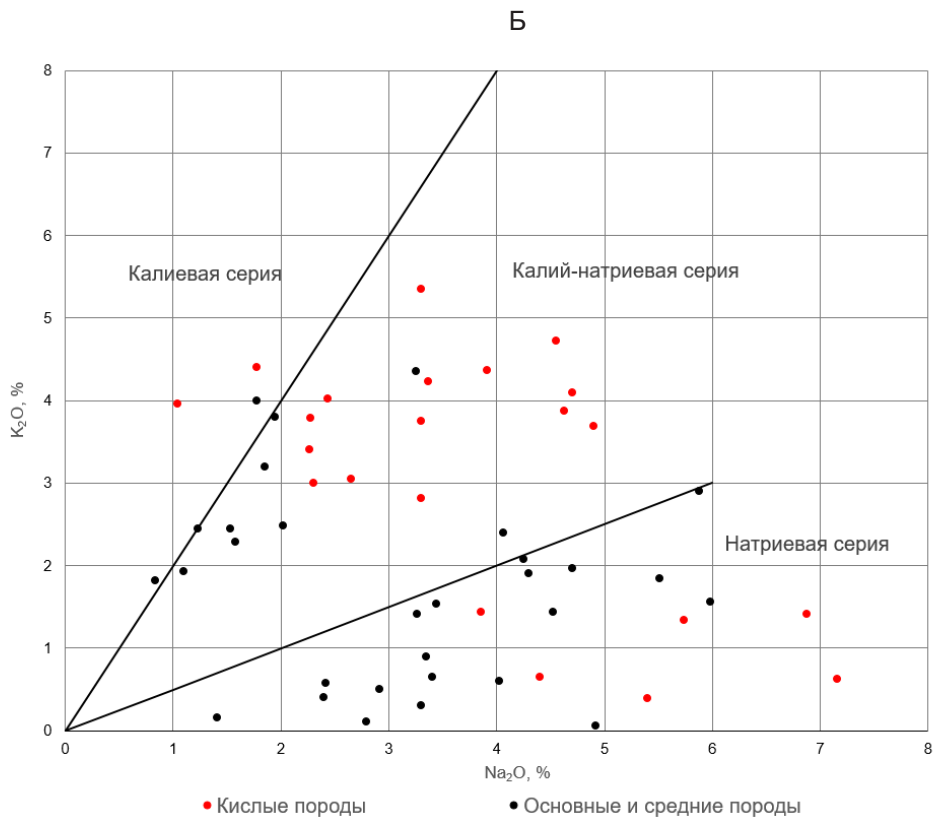
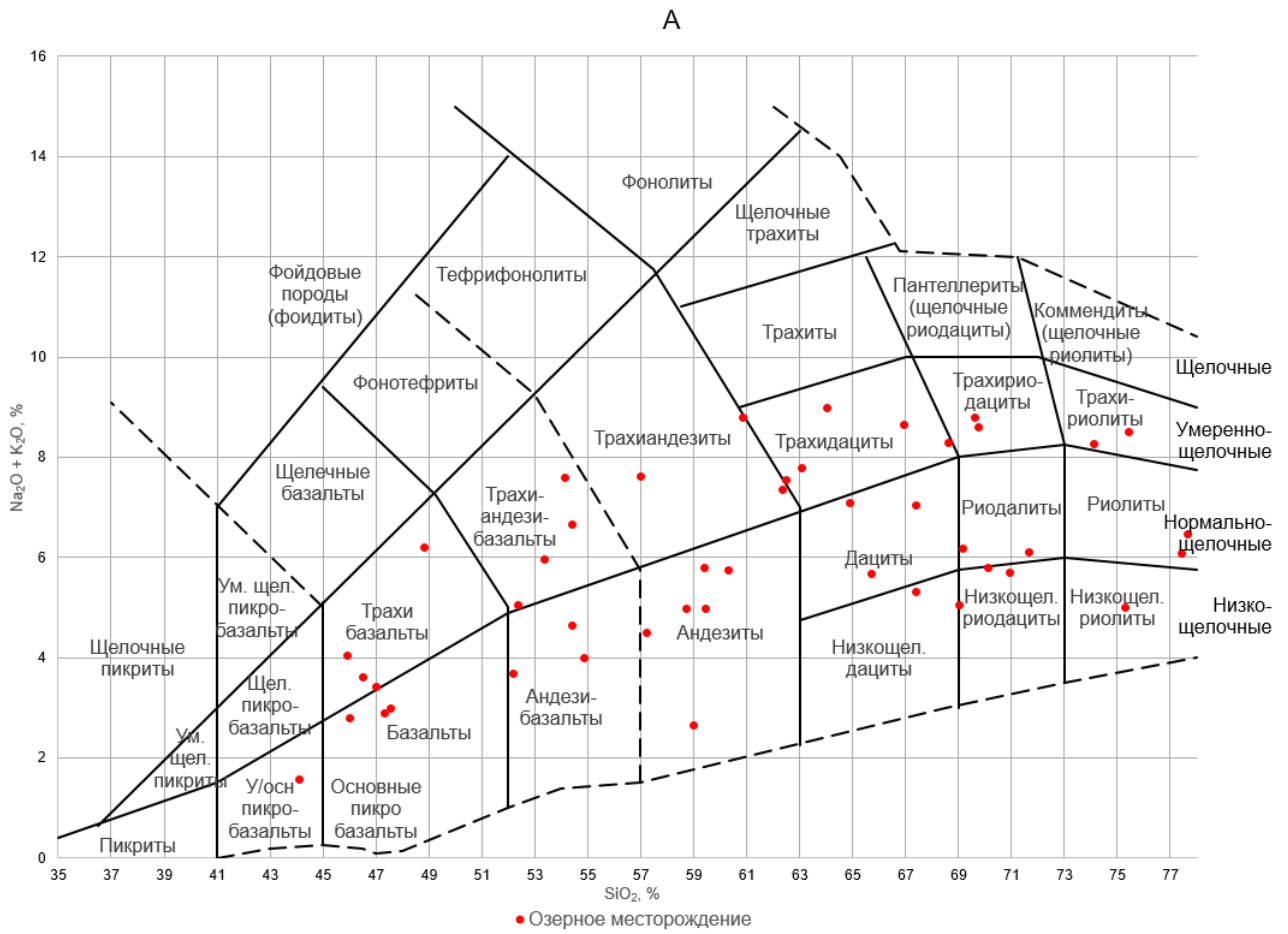
чение в рудовмещающем разрезе Озёрного месторождения имеют известняковые брекчий, которые слагают пласты мощностью до 50–80 м. Их мощность возрастает в ядре Озёрной синклинали благодаря нагнетанию материала при складчатости и увеличивается на юго-восточном крыле за счёт выклинивания туффитов и пачек углистых туфогенных алевролитов.

Подошва и кровля пластов известняковых брекчий обычно резкие. Макроскопически известняковые брекчий представляют собой породы с угловатыми обломками известняков (30–60 % объёма), не отсортированными по размеру, вплоть до глыб в 1–3 м. Их цемент представляет собой такую же брекчий, но с обломками меньшего размера, между которыми развивается серицит-кальцит-кварцевая или серицит-хлорит-кварцевая масса, образованная по глинисто-туфогенному материалу. Цемент всегда в той или иной степени содержит хлорит, сидерит или колчеданную руду.

Известняковые брекчий нами трактуются как брекчий обрушения рифогенных построек (оползневые брекчий, по Э. Г. Дистанову [14]), но характер обломочного материала и его состав свидетельствуют о том, что основным процессом являлось обрушение. Наличие крупных рифогенных построек описано многими исследователями, участвовавшими месторождение (в некоторых случаях они трактовались как биогермы [4]). В то же время исходя из масштабов развития брекчий, сохранившихся реликтов построек, представленных водорослевыми и археоциатовыми известняками, что размер их колебался в пределах 400–500 м на 200–300 м.

В пользу существования рифогенных построек свидетельствует и тот факт, что в ряде случаев наблюдаются несогласные контакты известняковых брекчий с туффитами и туфоалевролитами.

Характеристика колчеданно-полиметаллического оруденения. Месторождение Озёрное характеризуется совмещением колчеданно-полиметаллического, сидеритового, баритового и магнетитового оруденения. Наибольшим развитием на месторождении пользуется колчеданно-полиметаллическое оруденение [4, 18, 33, 51, 52]. Наиболее крупные залежи колчеданно-полиметаллических руд, которые содержат в сумме 68 % запасов свинца и цинка, приурочены к туффитам и туфам с прослоями углисто-серицитовых сланцев первого рудного горизонта. Остальные 32 % запасов руд приходятся на долю второго продуктивного



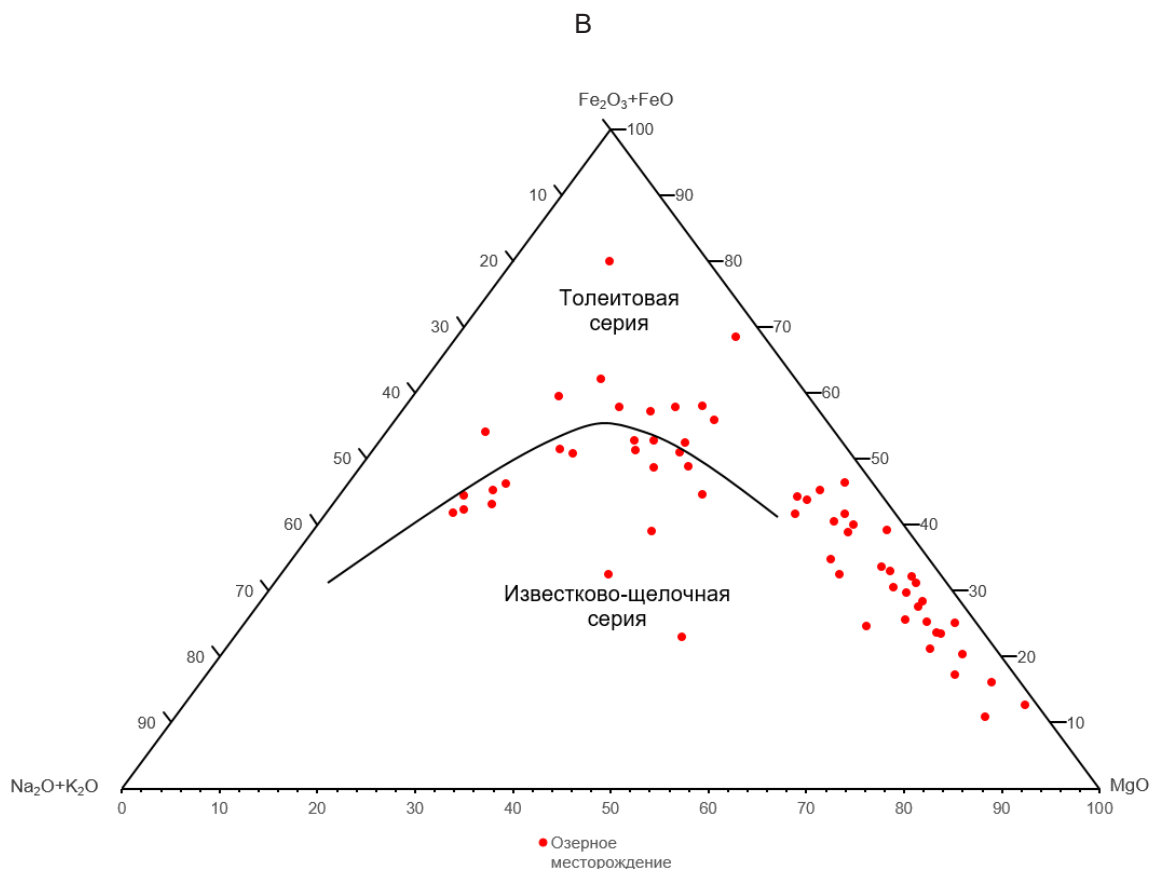


Рис. 8. Петрохимические особенности пород Озёрнинского вулканоплутонического комплекса:

А – диаграмма TAS (Total Alkali-Silica); Б – диаграмма K_2O-Na_2O для кислых средних и основных магматических пород; В – диаграмма AFM (Alkali-FeO*-MgO): $FeO^* = FeO + 0,9Fe_2O_3$

горизонта. Рудные тела первого рудного горизонта представляют собой серию расположенных друг над другом пластообразных залежей протяжённостью от 1200 до 2340 м и шириной от 80 до 600 м. Их мощность колеблется от долей метра до 45 м, в среднем составляя 5–15 м. От флангов к центральным частям рудных тел она возрастает в 2–3 раза. В центре синклинали рудные тела представляют собой корытообразные залежи с раздувами и пережимами, на флангах они или выклиниваются, или расцепляются на мелкие линзы. Морфология рудных тел, кроме того, осложнена разрывными нарушениями широтного и северо-западного направлений с амплитуда-

ми вертикального смещения 5–10 м, редко 50 м. По направлению выклинивания рудных тел содержание рудосоставляющих сульфидов постепенно уменьшается.

Внутреннее строение колчеданно-полиметаллических рудных тел неоднородное, что обусловлено чередованием слоёв колчеданно-полиметаллических руд, безрудных пород и в различной степени оруденелых туфов, известняковых брекчий и игнимбриков. Сотрудниками Озёрной экспедиции на месторождении выделены четыре группы рудных залежей [51, 52]:

- выдержанные по форме и распределению колчеданного оруденения;

- ленточные неоднородного внутреннего строения;

- сложные по форме пластообразные с неравномерным распределением колчеданного оруденения;

- линзовидные небольшого размера и неоднородного строения.

Руды, слагающие колчеданно-полиметаллические залежи, подразделяются на несколько типов. По текстурным признакам на месторождении выделяются [51, 52] массивные, полосчатые (слоистые), брекчиевидные и прожилково-вкрапленные руды.

При изучении разрезов рудного тела 8 было отмечено, что указанные выше текстурные типы руд подразделяются по структурам на две разновидности, отличающиеся друг от друга формой выделения и размерами зёрен рудных минералов. В связи с этим предлагается более детальная классификация колчеданно-полиметаллических руд Озёрного месторождения, учитывающая как текстурные, так и структурные особенности их строения [4]. Все руды месторождения подразделяются на три группы: тонкозернистые, мелкозернистые и разнотонкозернистые. В составе тонкозернистых руд выделяются массивные, полосчатые, брекчиевидные и вкрапленные. В составе мелкозернистых руд – массивные, полосчатые, брекчиевидные и прожилково-вкрапленные.

На основе проведённого Т. П. Кузнецовой детального минералогического картирования в пределах рудного тела 8 установлены следующие типы зональности (рисунки 9–10).

1. По структуре. Мелкозернистые разности руд тяготеют к лежащему боку рудного тела, тонкозернистые к висячему. Причём наблюдается повторение (до 3 ритмов), что определяет ритмично-градационно-слоистую зональность по мощности рудного тела. Такой характер строения рудного тела прослеживается по его падению и простиранию.

2. По текстуре. От висячего бока к лежащему установлена следующая закономерность: массивные, слоистые, прожилковые руды последовательно сменяют друг друга. Эта последовательность прослеживается по простиранию и падению рудного тела.

Таким образом, на месторождении установлена ритмично-слоистая и градационно-слоистая зональность рудных тел.

Основная масса руд месторождения обладает уникальными чертами строения, чрезвычайно большим разнообразием текстурного рисун-

ка, которые было прекрасно проиллюстрированы в работах Э. Г. Дистанова [16], А. И. Бусленко [21], Л. Б. Дамдиновой [12]. Первичные условия отложения характеризуют хомогенные, хомогенно-терригенные ритмично-слоистые, градационно-слоистые и брекчиевые текстуры. В понятие слоистости авторы вкладывают классическое генетическое определение этого термина в осадочной геологии.

Типоморфными текстурами руд являются: градационно-слоистые и гравитационно-слоистые. Первые представлены гранулометрической сортировкой материала чисто обломочного происхождения – терригенных и вулканокластических пород, сульфидных и железокarbonатных руд. Второй тип отражает гранулометрическую сортировку исключительно сульфидных метаколлоидных агрегатов, осаждающихся, очевидно, из высококонцентрированных коллоидных растворов. В подошве отдельных рудных ритмов отлагаются более крупные галенит-сфалерит-пиритовые метаколлоидные стяжения размером около одного сантиметра, а в кровле – глобулы пирита размером 1–10 микрон. Часто крупные сульфидные выделения подошвы ритмов нарушают нижележащие тонкие рудные прослои кровли предыдущего ритма. Мощность таких ритмов достигает 30 см.

Одними из распространённых на месторождении являются брекчиевый или кластический тип руд. Ими сложены протяжённые горизонты, переслаивающиеся с пластовыми рудными залежами или шлейфы в подножье рудных холмов.

Значительную долю руд на месторождении представляют гидротермально-осадочные и метасоматические сидериты. Они различаются по морфологии, текстурному рисунку и химическому составу. Гидротермально-осадочные сидеритовые руды характеризуются более высоким содержанием закисного железа (до 34,92 %), кремнезёма (до 41,8 %), марганца (до 5,44 %) и CO_2 (до 23,25 %). В обоих типах сидеритов в количестве первых процентов присутствует цинк [4].

По данным Э. Г. Дистанова [15], метасоматические и седиментационные сидериты нередко тесно совмещены в пространстве. Метасоматические залежи представлены мономинеральными сидеритами или интенсивно сидеритизированными вмещающими породами – известняками, известняковыми брекчиями, известковистыми туффитами. Они прослеживаются в основном по юго-восточному крылу рудоносной синкли-

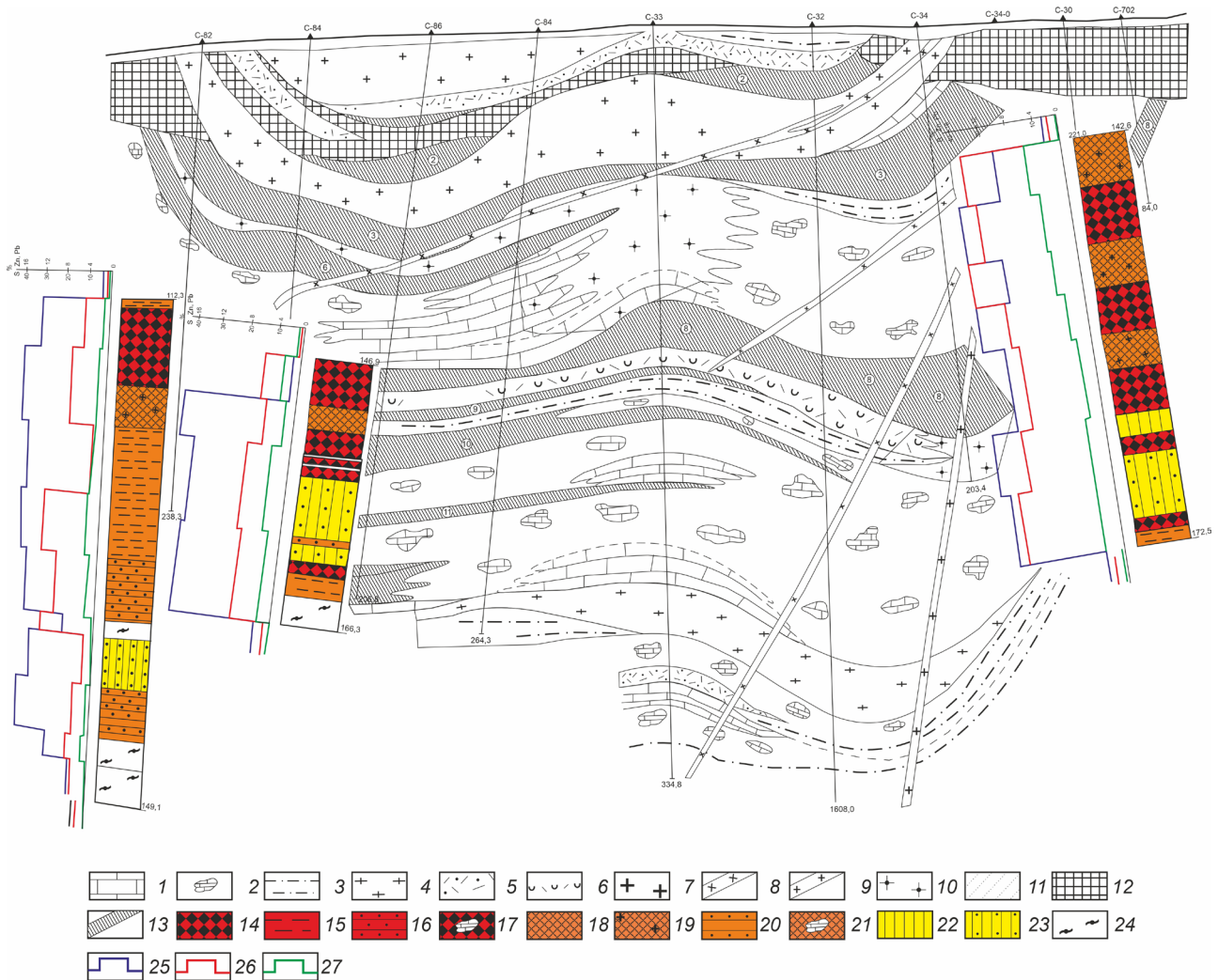


Рис. 9. Распределение текстурно-структурных типов руд на профиле 30:

1 – известняки; 2 – известняковые брекчии; 3 – туффиты; 4 – углисто-серицит-хлоритовые сланцы; 5 – туфы; 6 – игнимбриты; 7 – диабазы; 8 – сиенит-порфиры; 9 – долериты; 10 – сидериты; 11 – кора выветривания; 12 – зоны окисленных руд; 13 – колчеданно-полиметаллические руды нерасчленённые; **типы колчеданно-полиметаллических руд:** 14–17 – тонкозернистые (размер зёрен 0,005–0,015 мм): 14 – массивные, 15–16 – слоистые (полосчатые): 15 – слоистость обусловлена различным составом отдельных слоёв, 16 – слоистость обусловлена наличием безрудных слоёв, 17 – брекчиевые; 18–21 – мелкозернистые (размер зёрен > 0,015 мм): 18–19 – массивные: 18 – рядовые по содержанию Zn и Pb, 19 – богатые по содержанию Zn и Pb, 20–21 – слоистые: 20 – слоистость обусловлена наличием слабооруденелых и безрудных прослоев, 21 – брекчиевые; 22–23 – руды смешанные по размеру зернистости, слоистые (полосчатые): 22 – слоистость обусловлена разной зернистостью рудного материала в отдельных слоях, 23 – слоистость обусловлена разной зернистостью и разным составом рудного материала; 24 – прожилково-вкрапленные сфалерит-галенитовые руды; графики содержания: 25 – сера, 26 – цинк, 27 – свинец

нальной структуры, образуя единое тело сложной пластообразной формы с многочисленными ответвлениями шириной в плане до 300 м. Довольно часто сидеритовые руды залегают в виде

обрамления и продолжения колчеданно-полиметаллических рудных тел в юго-восточном крыле синклинали, сливаясь в единое рудное тело и заходя языками в промежутки между пластовыми

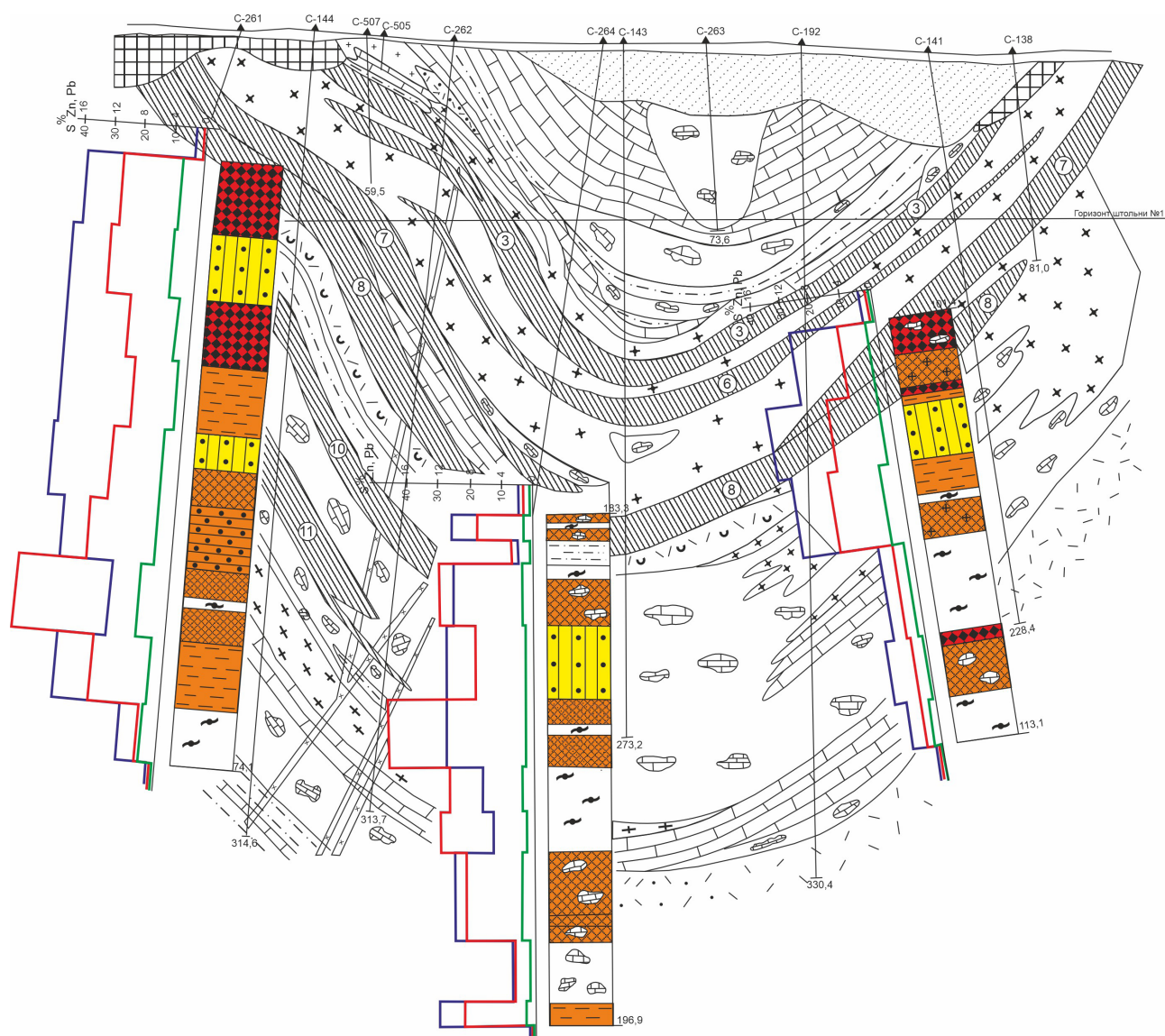


Рис. 10. Распределение текстурно-структурных типов руд на профиле 40:

см. условн. обозн. к рис. 9

колчеданными залежами. Своеобразие форм залегания сидеритовых руд генетически связано, по-видимому, с фильтрацией гидротермальных растворов по крутонаправленным тектоническим зонам и унаследованностью как пластового характера замещаемых пологозалегающих пород рудоносной толщи, так и дискордантных форм рифовых построек органогенных известняков, отличавшихся повышенной пористостью.

Вещественный состав руд Озёрного месторождения, их текстурно-структурные особенности

детально изучены Т. П. Кузнецовой [4], а также приведены в работах Э. Г. Дистанова [14–17], К. Р. Ковалева [21], Р. С. Тарасовой [52, 53], И. В. Викентьева [7], Л. Б. Дамдиновой [12] и других. Согласно проведённым ранее исследованиям, значительная часть рудного вещества руд Озёрного месторождения имеет седиментогенное происхождение. Седиментогенная природа подтверждается данными по наличию волнистой и косой слоистости, взмучивания, размыва поверхности напластования [15]. При этом наблюдается

несколько генераций основных сульфидных минералов, механизм отложения которых до сих пор остаётся дискуссионным.

Новые данные по вещественному составу руд. Данные получены при изучении основных типов руд месторождения Озёрное (сплошные массивные, слоистые, брекчиевые) на сканирующем электронном микроскопе TESCAN в ПИН РАН.

Массивные руды представляют собой сплошные выделения агрегатов тонкодисперсного, глобулярного, почковидного пирита со сфалеритом. В этом агрегате наблюдались участки более крупнозернистых сульфидов, где появляется значительное количество галенита и в ряде случаев присутствуют блёклые руды.

Для данного типа руд характерен тонкодисперсный пирит, который представлен изометричными полиэдрами. Отчётливо выявляются круглые почковидные образования (размером до 0,05 мм) с фрамбоидальным центром, а также фрамбоиды без почковидного пирита вокруг них, сложенные тонкими кристаллитами или сферическими разностями (рис. 11, А). По всей массе присутствуют скопления кристаллитов, по своим размерам и морфологии подобные наблюдаемым во фрамбоидах, однако расположенные без определённой закономерности. В пределах агрегатов также развиты гипидиоморфнозернистые и аллотриоморфнозернистые разности пирита, обрастающие колломорфные и глобулярные. В ряде случаев суль-

фиды формируют концентрически зональные почки сложного строения, сложенные пиритом и сфалеритом, реже галенитом (см. рис. 11, Б), в центре почки может находиться фрамбоид.

Сплошные выделения колломорфного пирита вскрыты на глубине 1260 м. Они представляют собой плотные скопления колломорфных почек пирита размером от десятых долей миллиметра (что уже достаточно крупный размер для данного месторождения) до гигантских для Озёрного месторождения разностей (1–3 см). При этом наблюдаются участки, сложенные почками 2–7 мм, 0,5–3 мм и, соответственно, более крупных размеров. В интерстициях почек пирита развивается карбонат, количество которого увеличивается близ мелких почек, изредка сфалерит. В центре почек пирит нередко замещается кварцем.

Крупные почки имеют сложное строение (рис. 12, А). Внутренняя зона таких образований неоднородна и, как правило, сложена скоплением осложняющих её более мелких разностей, которые, в свою очередь, развиваются вокруг округлых выделений тонкозернистого, фрамбоидального и глобулярного пирита (см. рис. 12, Б). Крылья почек сложены более крупнозернистыми выделениями, зёрна концентрически вытянуты. Пирит почек перекристаллизован, в результате чего распадается на зернистый агрегат. В пределах отдельных зёрен наблюдаются реликты колломорфного строения, которые складываются в единую линию

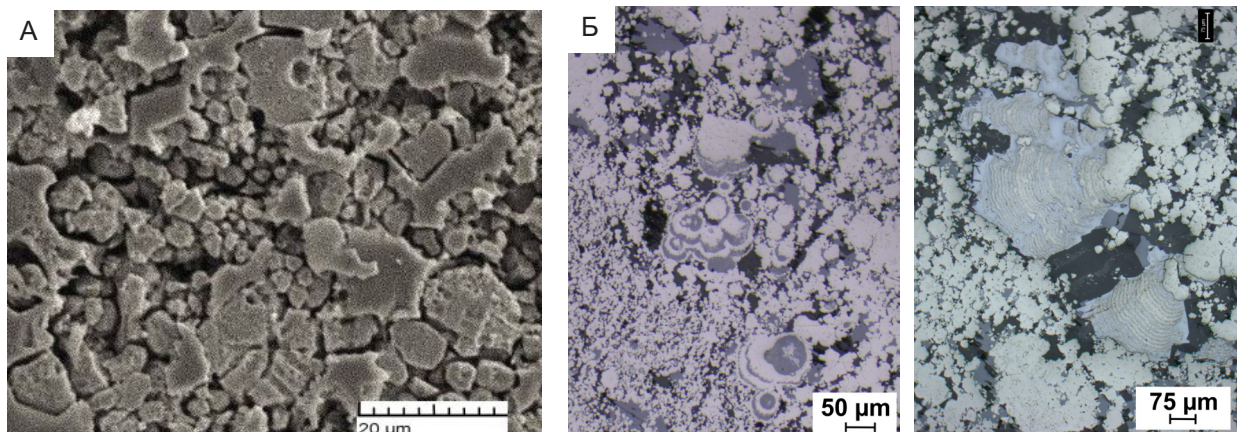


Рис. 11. Морфология выделения сульфидов:

А – тонкодисперсный агрегат; Б – колломорфные сфалерит-пиритовые почки

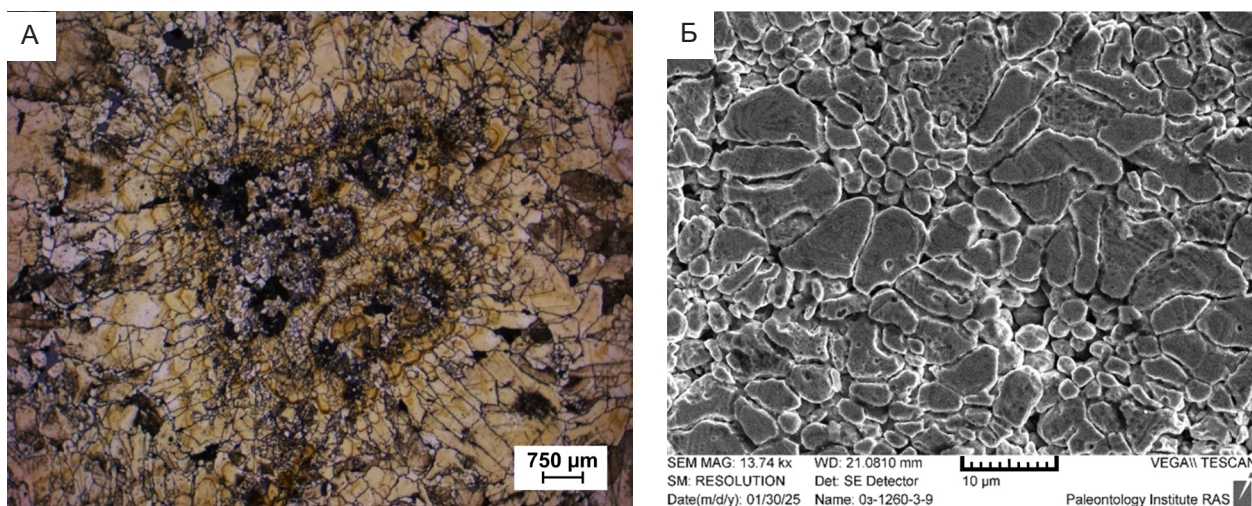


Рис. 12. Скопления почек колломорфного пирита:

А – внутренняя зона и фрагмент периферической части крупной пиритовой почки; Б – скопление мелких почек с глобулярным и фрамбоидальным пиритом в центральной зоне

вдоль колломорфных слоёв, позволяющую проследить очертания первичных почек.

В более редких случаях в центре крупных колломорфных почек глобулярный пирит не наблюдался. Центральная зона была образована вытянутыми выделениями пирита, сложных очертаний. Эти образования по своей морфологии подобны биоморфозам, что вместе с крупными корковидными выделениями колломорфного пирита крыльев почек свидетельствует об образовании данных агрегатов на поверхности морского дна.

Таким образом, сначала отлагался глобулярный пирит и формировались мелкие почки, вокруг группы мелких почек происходило отложение крупных колломорфных слоёв. Также колломорфным пиритом могли обрастать фоссилизированные остатки.

Слоистые руды являются основными на месторождении. На их примере нами исследованы текстурно-структурные особенности сульфидов этих руд, слоистость которых обусловлена разной зернистостью и различным составом рудного материала.

Для прослоев, обеднённых сульфидами, характерно преобладание тонких сульфидных агрегатов. В их составе преобладает наиболее тонкодис-

персная разновидность пирита, которая присутствует в виде достаточно плотной равномерной вкрапленности глобулей, мелких почек, а также тонких изометричных полиэдров неправильной формы (рис. 13, А, Б). Кроме того, в составе слоя есть отдельные, более крупные, почковидные разновидности до 0,02 мм.

Из характерных сростаний, которые могут преобладать в отдельных слоях, можно отметить обособленные округлые почки, сложенные колломорфным пиритом (рис. 14, А), впоследствии метаморфизованным. Колломорфным пиритом обрастают фрамбоиды или скопление глобулей.

Ещё одна разновидность почковидного пирита представлена более крупными колломорфными выделениями, концентрирующимися вблизи нижней границы слоёв и сменяющимися более тонкими разностями, образуя вместе с аллотриоморфными скоплениями элементы слоистости более высокого порядка. Эти почки разомкнуты и ближе по морфологии к корковидным выделениям (см. рис. 14, Б). Почковидный пирит обеих разновидностей цементируется и корродируется карбонатом.

Брекчиевые руды, широко распространённые на месторождении, преимущественно наблюда-

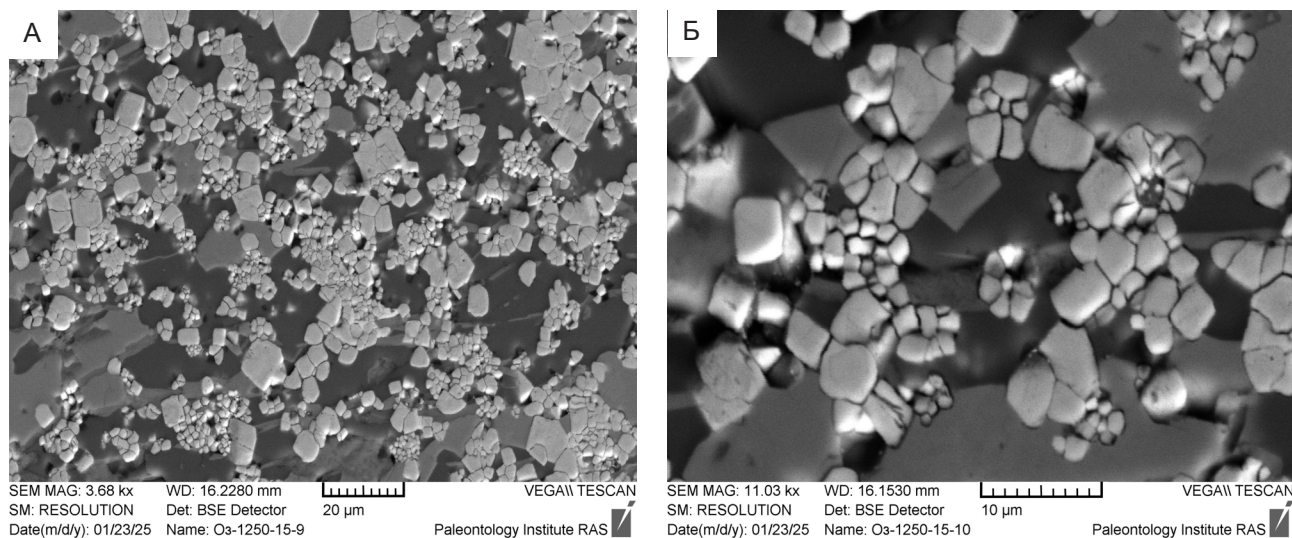


Рис. 13. Морфология выделений сульфидов «обеднённого» сульфидами слоя слоистых руд:

А – распределение сульфидов в пределах слоя (SEM TESCAN); Б – выделения пирита в виде тонких изометричных полиэдров неправильной формы (SEM TESCAN)

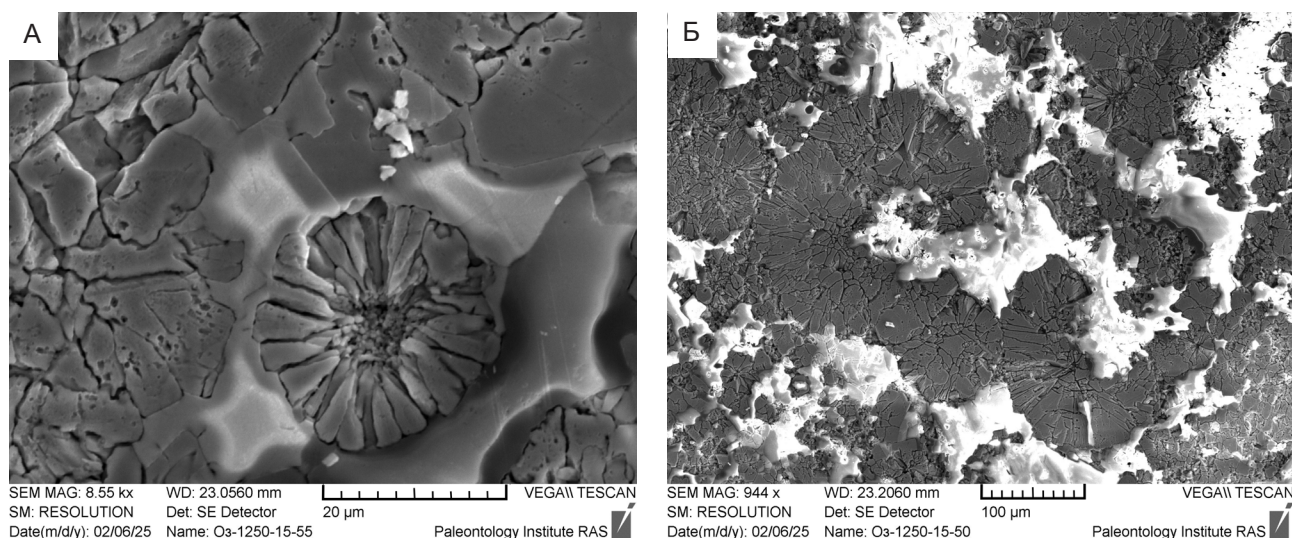


Рис. 14. Характерные сульфидные агрегаты слоистых руд:

А – обособленная почка пирита на контакте с аллотриоморфными скоплениями пирита; Б – вытянутые разомкнутые почки и корковидные выделения колломорфного пирита

ются в верхах разреза, где слагают значительную часть продуктивных залежей. Среди обломков брекчий преобладают карбонатные породы, реже наблюдаются обломки других пород и сульфидные обломки. Цемент – сульфидный, сульфидно-карбонатный и известкисто-туфогенный. Нами

были исследованы брекчиевые руды как с сульфидным цементом, так и содержащие сульфидные обломки.

В одном из образцов карбонатной брекчии наблюдался тонкослоистый интервал, насыщенный сульфидным материалом. Мощность слоёв, в кото-

рых слоистость обусловлена чередованием прослоев различного состава и различной зернистости – 2,0–2,5 мм. Одни прослои состоят из карбоната и рудных минералов. Особенностью этих слоёв является присутствие скоплений хорошо выраженных фрамбоидов пирита и кластического сульфидного материала; вокруг обломков новообразованный карбонат образует оторочки. Кроме того, наблюдаются целые прослои, в пределах которых за счёт пирита развивается (лейкоксен)-магнетит-гематитовый агрегат. Фрагменты почек и глобулы корродируются, но остаются в качестве реликтов.

В вышележащих брекчиях подобные гематит-магнетитовые агрегаты с реликтами раннего пирита присутствуют уже в обломках брекчий с сульфидным цементом (рис. 15, А, Б). Фрамбоиды, которые сохранились в магнетите, характеризуются кристаллами хорошей сохранности. В частности, при исследовании с помощью электронной микроскопии обнаружены минерализованные биоплёнки (см. рис. 15, В). Данные биоплёнки являются минерализованной слизистой оболочкой и характерны для жизнедеятельности бактерий. Это ещё раз свидетельствует о биогенном происхождении фрамбоидов и влиянии биогенного фактора при образовании руд месторождения. В связи с широким распространением в рудах месторождения фрамбоидального пирита авторам статьи представляется, что фактор биогенного образования руд имел значительные масштабы.

В цементе брекчий также присутствует фрамбоидальный пирит (см. рис. 15, Г), однако подобные плотные скопления не наблюдаются, фрамбоиды распределены по массе и представлены значительно более мелкими разностями.

Перекристаллизация сульфидного вещества. В результате постседиментационных процессов первичные сульфиды в разной степени перекристаллизованы. При этом наблюдаются формы, когда сферические фрамбоиды в мелких почках приобретают кубический внешний облик (рис. 16) при сохранении фрамбоидальной структуры агрегатов.

К метаморфогенным сульфидам, образованным в результате перераспределения вещества в результате динамометаморфических воздействий, можно отнести арсенопирит, метакристаллы которого ориентированы под небольшим углом к слоистости и образуют вместе с параллельными

им штрихами карбоната слабовыраженную полосчатость, секущую слоистость. Основным фактором, приведшим к метаморфическим преобразованиям рудного вещества, является динамометаморфизм, вызванный складкообразованием и тектоническими пострудными процессами. Другим фактором перекристаллизации, возможно, является проявление процессов контактового метаморфизма [15], вызванного внедрением крупных гранитных плутонов нижнепалеозойского и верхнепалеозойского возраста.

В целом можно отметить, что к наиболее ранней генерации сульфидов можно отнести несколько морфологических разновидностей пирита, представленных тонкоглобулярными выделениями и фрамбоидальным пиритом. В тесной ассоциации с этими разновидностями пирита находится колломорфный пирит второй генерации, которым обрастают фрамбоиды и глобулы. Ко второй генерации пирита относится также значительная часть тонкого субгедрального пирита (гипидиоморфного), которым также могут обрастать глобулярные выделения. Однако данная разновидность пирита не всегда достоверно отделяется от пирита, образованного в результате перекристаллизации первичных руд под действием метаморфизма. Пирит третьей генерации образует выделения в интерстициях почковидного пирита. Пирит четвёртой генерации представлен кубическими кристаллами и зернистыми агрегатами, выделяется большинством авторов и ассоциирует со сфалеритом и галенитом поздних прожилков.

К вопросу о формационном типе месторождения. В последние годы ведётся дискуссия по вопросу формационного типа месторождения Озёрное. К. В. Лобанов [32] отнёс месторождение к группе SEDEX. А по мнению И. В. Викентьева [7], Озёрное месторождение демонстрирует признаки сразу трёх семейств – SEDEX, VMS и MVT.

Как было показано выше, Озёрное месторождение расположено в удалённой фациальной зоне между двумя центрами вулканической активности (см. рис. 7). Рудные тела занимают надвулканическое положение, связаны с вулканизмом и локализованы в удалённых фациях, что в целом характерно для месторождений формационного типа: медно-свинцово-цинковый колчеданный в осадочно-вулканогенных породах (группа VMS) [31].

Ранее нами выделены и описаны обстановки формирования месторождений типа VMS на при-

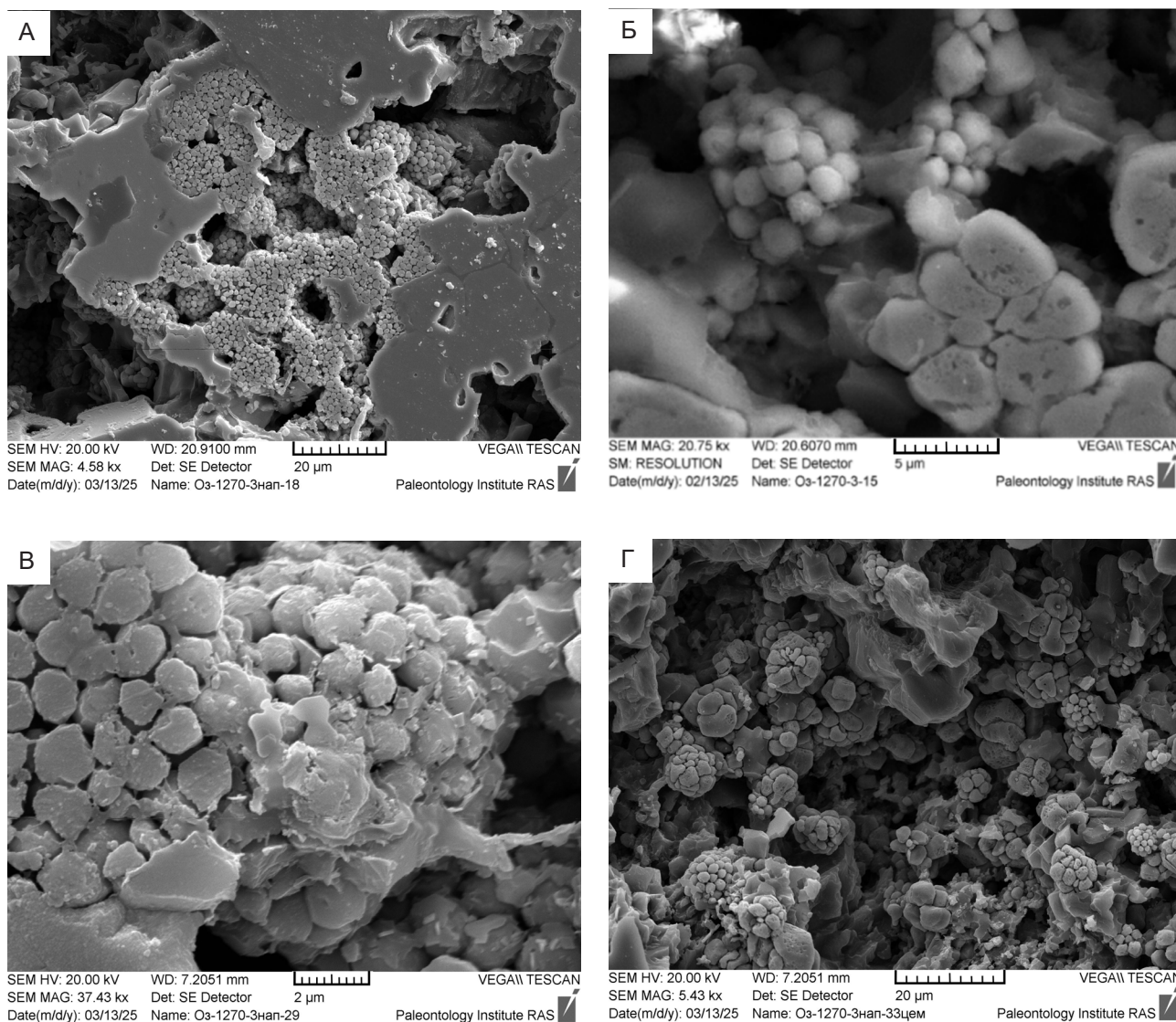


Рис. 15. Фрамбоидальный пирит брекчиевых руд:

А, Б – фрамбонды в обломке брекчии корродированы гематитом и магнетитом; В – фрамбоидальный пирит обломка с биоплёнками; Г – фрамбоидальный и глобулярный пирит в цементе брекчий

мере Рудноалтайской и Салаирской металлогенических зон [30, 49].

Одним из вариантов обстановок является надвулканическое положение месторождений, сопряжённое с рифогенными постройками. К этому типу обстановок формирования месторождений типа VMS относится Озёрное месторождение, для которого характерны известняковые брекчии – продукт разрушения рифогенных археоциатовых построек.

Некоторые вопросы генезиса. На начальном этапе изучения месторождения существовали две принципиально различные точки зрения на генезис стратиформного оруденения. Д. В. Ветров [6], В. В. Демидов [13], Р. С. Тарасова [53], Э. Г. Дистанов [14, 17], Ю. Л. Нуварьева [37–40], И. Л. Васильев [5], К. Р. Ковалев [20, 21, 23, 24] и другие исследователи доказывали генетическую связь большей части сульфидных руд с нижнекембрийским вулканизмом и их гидротермально-осадоч-

ный способ отложения. А. А. Малаев [33], Г. С. Рипп [43], Л. П. Хрянина [60], В. В. Андреев [1] и другие в первые годы разведки Озёрного месторождения рассматривали его с позиции гидротермально-метасоматического генезиса. В дальнейшем некоторые из них пересмотрели свои представления в пользу первой точки зрения. В последующие десятилетия идея гидротермально-метасоматического генезиса оруденения Озёрного месторождения активно пропагандировалась Г. А. Феофилактовым [55, 56], Д. И. Царевым [62, 63] и А. П. Фирсовым [58]. Сторонниками этой точки зрения определяющим признаётся структурно-литологический контроль оруденения.

Значительный вклад в понимание генетических особенностей месторождения вносит работа И. В. Викентьева [7], в которой приводится палеорекострукция условий седиментации и рудоотложения при образовании гидротермально-осадочных руд.

Рудообразование протекало по модели гидротермальных систем месторождений типа VMS. Изотопные данные серы ($\delta^{34}\text{S}$) приведены в работах Г. С. Риппа [42, 44, 45], К. Р. Ковалева [25, 27]. По данным анализов пирита и сфалерита с галенитом, колебание изотопного состава серы происходит в диапазоне $\delta^{34}\text{S}$ 8–21 ‰. Отмечается некоторое утяжеление изотопного состава серы сфалеритовых руд. Среднее значение $\delta^{34}\text{S}$ сфалерита руд месторождения составляет 15,1 ‰ (24 пробы), а пирита – 12,8 ‰ (52 пробы).

Не выявлено какого-либо значимого фракционирования изотопов серы сульфидов в 12 пластовых рудных залежах, по простиранию и мощности отдельных залежей, а также в пределах элементарных рудных ритмов ритмично-слоистых руд, что подтверждает достаточно гомогенный и стабильный источник серы при формировании огромных масс сульфидов железа, цинка и свинца.

В отличие от тяжёлых изотопов серы сульфидов руд верхнего рудоносного горизонта, сульфиды нижележащих II и III рудоносных горизонтов характеризуются изотопами серы, близкими к метеоритному стандарту. Такие контрастные значения изотопов серы свидетельствуют о существовании двух источников серы или, по крайней мере, одного эволюционирующего источника за длительный период существования рудообразующей системы. На возможность существования двух источников серы при формировании сульфидных руд и сульфатной минерализации указы-

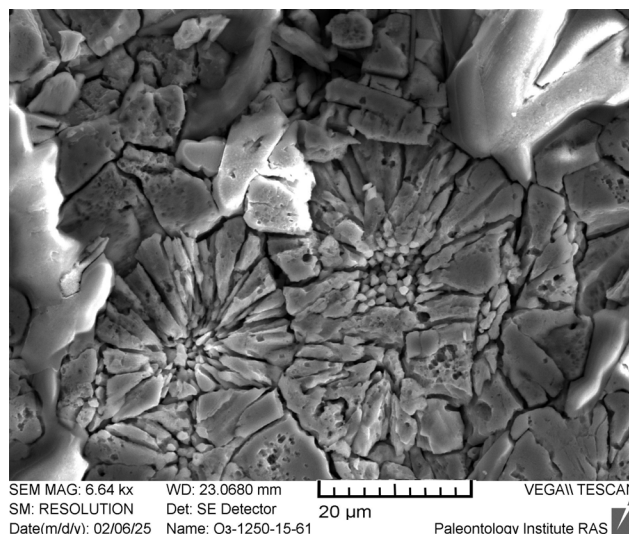


Рис. 16. Кубические очертания ядра почки в результате перекристаллизации

вал также Г. С. Рипп [45]. Изотопные данные серы подтверждают смешанный источник серы – как из термохимического восстановления сульфатов морской воды, так из магматического источника.

Проведённый нами анализ мощностей рудных тел Озёрного месторождения показал наличие значительных раздувов их мощности на ряде рудных тел. В качестве примера можно рассмотреть рудные тела 6 и 7 по разведочному профилю 27 (рис. 17). Мощность рудного тела 6 по скважине 382 составляет 24,9 м, рудного тела 7 по скважине 384 – 31,7 м. Уже на соседних скважинах 618 и 376 мощность тех же рудных тел сокращается до 4–8 м. Отмечается наличие холмообразного раздува мощности, что может свидетельствовать о возможном наличии здесь «чёрного курильщика», тем более что шлейф от холма сложен брекчиевыми рудами – продуктами разрушения «курильщика».

Таким образом, исходя из приведённого выше материала и учитывая этажное расположение рудных тел месторождения, представляется следующая модель формирования месторождения. На возможность образования древних колчеданных руд по механизму «чёрных курильщиков» указывает холмообразная форма проксимальных рудных залежей на месторождении, широкое развитие брекчиевых, градиционно-слоистых и дру-

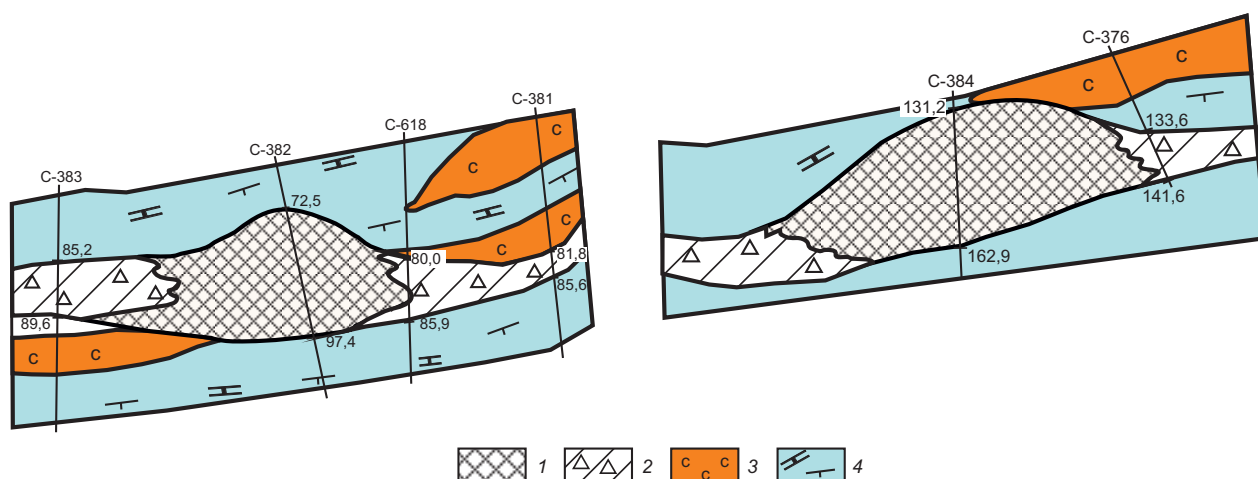


Рис. 17. Фрагменты строения рудных тел по разведочному профилю 27:

1–2 – рудные тела: 1 – слоистые, массивные, прожилково-вкрапленные, без расчленения; 2 – брекчиевые; 3 – сидериты; 4 – рудовмещающая вулканогенно-терригенно-карбонатная толща олдындинской свиты

гих подобных текстурных форм в них, образованных за счёт продуктов разрушения «курильщика», а также осаднения дисперсного рудного вещества из восходящих плюмов.

Дистальные рудные залежи формировались в условиях, сходных с осадконакоплением, и образовались из материала плюмов нейтральной плавленности и материала дымов «чёрных курильщиков» (водородное дисперсное гидротермально-осадочное образование), что подтверждается полным совпадением структурных форм руд и современных металлоносных осадков [47, 48, 68, 69].

Этажное положение рудных тел указывает на возможность формирования дополнительной рудной массы в нижних рудных телах, уже частично захороненных путём придонного замещения в частично проницаемой среде. Температурные, окислительно-восстановительные и химические условия между морской водой и непроницаемым морским дном обеспечивают идеальную среду для увеличения количества металла, осадённого во время гидротермальной активности, что отчасти объясняет, почему образование многих крупных древних месторождений VMS связано с придонным переотложением [66, 71]. Процессы переотложения также приводят к созданию полупроницае-

мого перекрывающего слоя, который улучшает «очистку» сульфидного месторождения. Это приводит к модернизации существующих минеральных комплексов и их типов, что может повысить содержание металла на месторождении [67, 70, 72].

Некоторые спорные вопросы возраста месторождения. Как уже было показано, отложения олдындинской свиты на основании многочисленных определений фауны в её пределах имеют нижнекембрийский возраст.

В то же время на водоразделе рек Ульдзуйтуй–Известковый, Лев. Олдында, р. Кыджимит, р. Хакусы, руч. Хулудый проведены сборы и определения водорослей, распространённых в силуре–девоне, мшанок рода *Ceramopora*, кораллов, распространённых в ордовике–девоне, это позволило О. Р. Мининой [34, 35, 36] сделать вывод о том, что в олдындинской свите обнаружены гетерогенные комплексы органических остатков, позволяющие говорить об аллохтонном залегании известняковых тел с фауной нижнего палеозоя, и предполагать среднепалеозойское время накопления вулканогенно-осадочных образований, относимых к озёрнинской толще.

Не оспаривая факт сбора «молодой» фауны, отметим следующее:

1) приведённый разрез озёрнинской толщи [36] не соответствует разрезу месторождения, показанному на рис. 6 настоящей статьи;

2) основные сборы проведены за пределами Озёрного месторождения и рудного поля, сборы, проведённые в карьере, не конкретизированы по месту отбора и конкретной привязке. В связи с этим данные о «молодом» возрасте всего разреза являются дискуссионными и требуют конкретизации. Наши работы и работы многочисленных исследователей месторождения и рудного поля не выявили наличия надвиговых структур. Необходимо также обратить внимание на многочисленные сборы фауны и водорослей непосредственно в пределах месторождения, указывающих на нижнекембрийский возраст, что нами было показано выше, а также приведено в работах Э. Г. Дистанова [14, 16];

3) кроме останцов вулканогенно-терригенных отложений олдындинской свиты среди гранитоидов Витимканского и Куналейского комплексов сохранились вулканогенные и терригенные отложения ордовика, триаса, юры и мела, которые перекрывают нижний кембрий и в некоторых случаях по составу к ним близки;

4) данные по изотопному возрасту магматических пород олдындинской свиты и субвулканических гранит-порфиров и риолитов Озёрнинского комплекса свидетельствуют о том, что их возраст – 513–529 млн лет [8, 11, 46].

Заключение. 1. В пределах Удино-Витимской структурно-формационной зоны выделяются две подзоны: внутренняя Еравнинская с преобладанием вулканогенных образований и внешняя Курбинская, где превалирует карбонатное осадконакопление. В Еравнинской подзоне оруденение связано с терригенно-карбонатно-вулканогенными отложениями олдындинской свиты, содержащими колчеданно-полиметаллические, железоскарновые, сидеритовые, медно-баритовые и борные месторождения. В Курбинской подзоне рудоносными являются доломитоизвестняковые отложения курбинской свиты с полиметаллическим оруденением.

2. Озёрнинский рудный узел соответствует одноимённому блоку первого порядка площадью 80 км², ограниченному разломами. В его строении участвуют нижнекембрийские и триасово-раннеюрские образования, преимущественно вулканогенные породы среднего и кислого состава, а также субвулканические интрузии автомагмати-

ческих брекчий. Наибольшая мощность туфогенно-осадочной пачки, вмещающей основные залежи колчеданно-полиметаллических руд, отмечается именно в этом узле.

3. Месторождение Озёрное расположено в центральной части Озёрнинского узла и характеризуется мощной (свыше 2000 м) толщиной нижнекембрийских отложений и глубоким залеганием кровли гранитов Витимканского комплекса.

4. На месторождении выделены три рудоносных уровня, из которых главный промышленный интерес представляет верхний уровень. Он приурочен к пачке переслаивающихся известняков, известняковых брекчий, туфов и туфогенно-осадочных пород верхней подсвиты олдындинской свиты, включающей туффитовый, два продуктивных и кристаллотуфовый горизонты.

5. Субвулканические тела Озёрнинского комплекса представляют собой интрузивные аналоги пород олдындинской свиты. Наиболее ранние из них – автомагматические брекчии риодацитов – прорывают рудовмещающую толщу и обрамляют месторождение, образуя силлообразное тело мощностью 140–200 м, повторяющее конфигурацию синклинальной складки.

6. Месторождение сформировалось в удалённой фациальной зоне между двумя центрами вулканической активности. В пределах рудного поля наиболее интенсивно проявились извержения центрального типа, сформировавшие мощные покровы прижерловых и промежуточных фаций.

7. Породы Озёрнинского вулканоплутонического комплекса образуют непрерывный ряд составов от риолитов до базальтов, относясь к щелочноземельной серии с повышенной щёлочностью и соответствуя производным калий-натровой известково-щелочной магматической серии.

8. Сквозными элементами комплекса являются медь, серебро, цинк, никель, кобальт, галлий, олово, хром, марганец, титан, ванадий и барий.

9. Возраст олдындинской свиты, определённый по фауне археоциат, трилобитов и водорослей, соответствует обручевскому и качинскому горизонтам тойонского яруса нижнего кембрия.

10. Широко развитые в разрезе известняковые брекчии интерпретируются как брекчии обрушения рифогенных построек. Масштабы развития брекчий и сохранившиеся реликты построек из водорослевых и археоциатовых известняков указывают на размеры последних в пределах 400–500 м на 200–300 м.

11. Рудные тела месторождения по структуре подразделяются на три группы: тонкозернистые (массивные, полосчатые, брекчиевидные, вкрапленные), мелкозернистые (массивные, полосчатые, брекчиевидные, прожилково-вкрапленные) и разнозернистые. Детальное минералогическое картирование позволило установить в пределах рудного тела 8 ритмично-слоистую и градационно-слоистую зональность.

12. Новые данные по вещественному составу руд получены при изучении их основных типов (сплошные массивные, слоистые, брекчиевые) на сканирующем электронном микроскопе TESCAN в ПИН РАН. В сульфидной минерализации выделяются несколько генераций пирита: первая (тонкоглобулярные выделения и фрамбоидальный пирит), вторая (колломорфный и тонкий субгидральный пирит, нарастающий на ранние формы), третья (выделения в интерстициях почковидного пирита) и четвёртая (кубические кристаллы и зернистые агрегаты, ассоциирующие со сфалеритом и галенитом поздних прожилков).

13. Месторождение Озёрное относится к типу VMS, сформированному в надвулканической обстановке, сопряжённой с рифогенными постройками, что подтверждается наличием известняковых брекчий – продуктов разрушения археоциатовых рифов. Формирование руд могло происходить по механизму, аналогичному современным «чёрным курильщикам»: проксимальные залежи имеют холмообразную форму и содержат брекчиевые, градационно-слоистые текстуры, образованные разрушением гидротермальных построек и осаждением вещества из восходящих плюмов. Дистальные залежи формировались из материала нейтрально-плавучих плюмов и гидрогенного дисперсного осадочного вещества, что подтверждается сходством структур руд с современными металлоносными осадками. Этажное расположение рудных тел указывает на возможность дополнительного рудообразования в нижних, частично захороненных телах, путём придонного замещения в проницаемой среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В. В. К вопросу о генезисе одного колчеданно-полиметаллического месторождения Западного Забайкалья // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. – Иркутск, 1971. – С. 11–13.
2. Беличенко В. Г., Комаров Ю. В., Мусин Ю. Б. Геолого-петрографический очерк южной окраины Витимского плоскогорья (Северо-Западное Забайкалье). – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 168 с.
3. Бутов Ю. П. Рудоносность нижнепалеозойских осадочных и вулканогенно-осадочных формаций северо-западной части Витимского плоскогорья // Рудоносность и структуры рудных месторождений БурАССР. – Улан-Удэ, 1970. – С. 28–40.
4. Варламов В. А., Донец А. И., Кузнецова Т. П. Изучение закономерностей развития магматизма и взаимоотношений магматических образований с колчеданно-полиметаллическим оруденением в Еравнинском рудном районе. – Отчёт по теме 79-2/41 (53д). – 1971.
5. Васильев И. Л. Геология Еравнинского рудного поля. – Новосибирск: Наука, 1977. – 126 с.
6. Ветров Д. В., Крупский А. А. Еравнинский железорудный район // Труды II совещания по металлогении Саяно-Байкальской горной области. – Улан-Удэ, 1964. – С. 54–68.
7. 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 Озёрного месторождения в Забайкалье,

- Россия // Геология рудных месторождений. – 2023. – Т. 65, № 3. – С. 201–237.
8. *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.
 9. *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.
 10. Государственная геологическая карта Российской Федерации, масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение), серия Алдано-Забайкальская, лист N-49 «Чита». Объяснительная записка. – СПб., 2011. – 632 с.
 11. *Дамдинов Б. Б., Викентьев И. В., Дамдинова Л. Б., Минина О. Р., Жмодик С. М., Соболев И. Д., Тюкова Е. Э., Спирина А. В., Извекова А. Д., Москвитина М. Л., Сажина Т. И., Бадмажапов Б. Б.* Проблемы генезиса месторождений Озернинского полиметаллического рудного узла (Западное Забайкалье, Россия) // Отечественная геология. – 2023. – № 2. – С. 73–87.
 12. *Дамдинова Л. Б., Дамдинов Б. Б., Викентьев И. В., Реутский В. Н.* Условия перекристаллизации руд Озерного полиметаллического месторождения (западное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2024. – Т. 66, № 2. – С. 171–184.
 13. *Демидов В. В.* Основные черты осадконакопления рудовмещающей толщи колчеданно-полиметаллического месторождения Озерное (Западное Забайкалье) // Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. – 1969. – Вып. 6, Ч. I. – С. 203–206.
 14. *Дистанов Э. Г.* Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. – Новосибирск : Наука, 1977. – 351 с.
 15. *Дистанов Э. Г.* Рудные формации колчеданно-полиметаллических месторождений юга Сибири // Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. – 1972. – Вып. 143.
 16. *Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р.* Текстуры и структуры гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд Озерного месторождения. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1975. – 172 с.
 17. *Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р., Тарасова Р. С.* Геологическое строение и генезис Озерного свинцово-цинкового колчеданного месторождения (Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. – 1972. – № 2. – С. 3–22.
 18. *Донец А. И.* Геологическое строение Озернинского рудного узла и закономерности размещения в его пределах сульфидного оруденения : автореф. дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Донец Александр Иванович. – М. : ЦНИГРИ, 1972. – 22 с.
 19. *Ковалев К. Р.* Закономерности вулканогенно-осадочного рудообразования в Еравнинском рудном районе (Западное Забайкалье) // Эндогенные рудные формации Сибири и проблемы рудообразования. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1986. – С. 135–151.
 20. *Ковалев К. Р.* Рудоносность венд-кембрийских формаций центрального и восточного сегментов Центрально-Азиатского подвижного пояса и регенерация оруденения // Закономерности размещения полезных ископаемых (металлогения Сибири). – М. : Наука, 1988. – Т. XV. – С. 120–125.
 21. *Ковалев К. Р., Бусленко А. И.* Гидротермально-осадочный рудогенез и полиметаморфизм руд Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье). – Новосибирск : Наука, 1992. – 214 с.
 22. *Ковалев К. Р., Гаськов И. В., Акимцев В. А.* Колчеданное рудообразование древних вулканических областей и современных спрединг-зон. – Новосибирск : ОИГГиМ СО РАН, 1993. – 64 с.
 23. *Ковалев К. Р., Дистанов Э. Г.* О генезисе Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения // Геология и геофизика. – 1983. – № 11. – С. 32–40.
 24. *Ковалев К. Р., Дистанов Э. Г.* Условия образования стратиформных колчеданно-полиметаллических месторождений Бурятии // Стратиформные рудные месторождения. – М. : Наука, 1987. – С. 134–144.
 25. *Ковалев К. Р., Дистанов Э. Г., Перцева А. П.* Вариации изотопного состава серы сульфидов при вулканогенно-осадочном рудообразовании и метаморфизме руд Озернинского рудного узла в Западном Забайкалье // Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 4. – С. 336–353.
 26. *Ковалев К. Р., Кочеткова К. В.* О генезисе колчеданного месторождения Зангода в Западном Забайкалье // Вопросы генезиса стратиформных свинцово-цинковых месторождений Сибири. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1977. – С. 190–209.
 27. *Ковалев К. Р., Перцева А. П., Бусленко А. И.* Изотопные исследования в решении проблем рудогенеза Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье) // Изотопные исследования процессов рудообразования. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1991. – С. 4–29.
 28. *Крупский А. А., Рукавец В. Ф.* Особенности металлогенического районирования Курбино-Еравнинского района БурАССР // Материалы по геологии и полезным ископаемым БурАССР. – Улан-Удэ : 1971. – Вып. 14. – С. 22–24.
 29. *Крупский А. А., Рукавец В. Ф.* Структурно-металлогенические особенности каледонид Курбино-

- Еравнинского рудного района (Западное Забайкалье) // Геосинклинальные пояса Центральной Азии. – Улан-Удэ, 1973. – С. 45–61.
30. Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Серавина Т. В. Основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – М. : ЦНИГРИ, 2019. – 207 с.
 31. Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Конкина А. А. Классификация свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождений на основе их формационных типов // Отечественная геология. – 2025. – № 4. – С. 3–23.
 32. Лобанов К. В., Некос В. В. Месторождения типа SEDEX – важнейший источник Zn, Pb и Ag в мире. Краткий мировой обзор. Перспективы России и Красноярского края // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2017. – № 7. – С. 881–907.
 33. Малаев А. А. Изучение геолого-структурных особенностей, вещественного состава руд и оценка перспектив колчеданно-полиметаллического месторождения Озерное. – М. : ЦНИГРИ, 1967.
 34. Минина О. Р., Гордиенко И. В., Дамдинов Б. Б., Таишлыков 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.
 35. 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.
 36. Минина О. Р., Ланцева В. С., Соболев И. Д. Состав, возраст и обстановки формирования озернинской толщи Удино-Витимской зоны (западное Забайкалье, Россия) // Литология и полезные ископаемые. – 2025. – № 3. – С. 296–315.
 37. Нуварьева Ю. А. Магматические породы и метаморфизм на колчеданных, сидеритовых и магнетитовых месторождениях Еравнинского рудного района в Забайкалье // Новые данные по магматизму Алтае-Саянской складчатой области. – 1974. – Вып. 191. – С. 76–88.
 38. Нуварьева Ю. А. О взаимоотношениях колчеданных и сидеритовых руд на Озерном месторождении // Новые данные по геологии рудных месторождений Сибири. – 1974. – Вып. 198. – С. 22–29.
 39. Нуварьева Ю. А., Сливинский А. А. Некоторые признаки парагенезиса стратиформных колчеданно-полиметаллических и железорудных месторождений Забайкалья // Процессы осадочных и вулканогенно-осадочных накоплений цветных металлов. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1980. – С. 119–124.
 40. Нуварьева Ю. А., Сливинский А. А., Якимов Л. И. Полифаціальность вулканогенного рудообразования и метаморфизм руд на примере железорудных месторождений Западного Забайкалья // Вулканогенно-осадочное рудообразование в Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1980. – Вып. 274. – С. 61–73.
 41. Плотников Ю. В., Рипп Г. С. Геология, закономерности размещения и генетические особенности колчеданного оруденения в северной части Курбинского района Бурятской АССР // Минералого-геохимические очерки Забайкалья. – Улан-Удэ, 1971. – С. 120–126.
 42. Рипп Г. С. Геохимия эндогенного оруденения и критерии прогноза в складчатых областях. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1984. – 189 с.
 43. Рипп Г. С., Белоголовов В. Ф. Первичные ореолы рассеяния некоторых типов эндогенных месторождений Западного Забайкалья // Материалы к геологической конференции, посвященной 50-летию Сов. государства и 10-летию БГУ. – Улан-Удэ, 1967. – С. 392–396.
 44. Рипп Г. С., Гурулев С. А., Кавиладзе М. Ш. Изотопный состав серы стратиформных месторождений Бурятии // Вопросы генезиса стратиформных свинцово-цинковых месторождений Сибири. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1977. – С. 209–218.
 45. Рипп Г. С., Куницын В. Г. Изотопно-геохимическая зональность Озернинского рудного узла // Геол.-генет. модели и локал. прогнозир. эндоген. оруденения в Забайкалье. – Новосибирск : АН СССР СО, 1991. – С. 98–107.
 46. 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.
 47. Русаков В. Ю. Геохимические особенности гидротермальных плюмов над полями ТАГ и Брокен Спур (Срединно-Атлантический хребет) // Геохимия. – 2009. – № 2. – С. 115–140.
 48. Русаков В. Ю. Сравнительный анализ минерального и химического состава дымов «черных курильщиков» гидротермальных полей ТАГ и Брокен Спур (Срединно-Атлантический хребет) // Геохимия. – 2007. – № 7. – С. 766–785.
 49. Серавина Т. В., Инякин А. В., Кузнецов В. В., Мурзин О. В., Зяятдинов М. Р., Конкина А. А., Кудрявцева Н. Г. Особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия (Салаирский кряж) // Отечественная геология. – 2017. – № 2. – С. 22–30.
 50. Сливинский А. А., Матюхин Н. Е., Гаврилов О. И. Новый тип медно-молибденового оруденения в Еравнинском рудном районе и его поисковые при-

- знаки // Материалы по геологии Забайкалья. – 1972. – Вып. 67. – С. 14–20.
51. Тарасова Р. С. Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение. Материалы разведки верхних горизонтов, пересчет запасов на 01.VI.1975 г. Отчет Озерной ГРП за 1974–1975 гг. – Улан-Удэ : 1975.
 52. Тарасова Р. С., Бабкин И. Н., Близнюк М. В., Филько А. С., Горбунов С. В., Алкалаев Б. К. Озерное колчеданное свинцово-цинковое месторождение. Отчёт за 1964–1969 гг. с подсчетом запасов. – Улан-Удэ : Бурят. геол. упр., 1969. – 432 с.
 53. 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. – 1972. – Вып. 143. – С. 79–97.
 54. Тетяев М. М. Геотектоника СССР. – Л.–М. : ОНТИ НКТП СССР, 1938. – 309 с.
 55. Феофилактов Г. А. Новые данные о структуре Озерного месторождения // Советская геология. – 1982. – № 7. – С. 41–48.
 56. Феофилактов Г. А. О связи разнотипного оруденения Озернинского рудного узла с единой посторогенной магматогенно-гидротермальной системой // Геология, минералогия и условия образования гидротермальных месторождений Забайкалья. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1987. – С. 116–124.
 57. Филько А. С., Бабкин И. Н., Тарасова Р. С. Озерное свинцово-цинковое месторождение // Разведка и охрана недр. – 1967. – № 3. – С. 17–22.
 58. Фирсов А. П. Условия образования интрузий кварц-плагиоклазовых порфиров Озернинского рудного поля и причина связи с ними оруденения // Магматические комплексы и рудные месторождения Забайкалья. – 1986. – С. 94–102.
 59. Хренов П. М., Рафиенко Н. И. К металлогении Северо-Западного Забайкалья // Материалы по геологии рудных месторождений Западного Забайкалья. – Иркутск, 1960.
 60. Хрянина Л. П. О нижнекембрийских интрузиях автомагматических брекчий в Северной Бурятии // Материалы к геологической конференции, посвященной 50-летию Сов. государства и 10-летию БГУ. – Улан-Удэ, 1967. – С. 114–116.
 61. Хрянина Л. П. Об особенностях развития эффузивного магматизма в верхней части олдындинской свиты на юге Витимского плоскогорья // Материалы к геологической конференции, посвященной 50-летию Сов. государства и 10-летию БГУ. – Улан-Удэ, 1967. – С. 107–110.
 62. Царев Д. И. Генезис Озерного колчеданно-цинкового месторождения в Забайкалье // Известия АН СССР. – 1983. – С. 97–107.
 63. Царев Д. И. Генетические признаки рудных месторождений. – Улан-Удэ, 1994. – 328 с.
 64. Язмир М. М. О распределении ископаемых форм в разрезах олдындинской свиты западной части Еравнинской зоны // Материалы по геологии и полезным ископаемым БурАССР. – 1972. – Вып. XV. – С. 57–65.
 65. Язмир М. М., Перинова Э. П., Алексеев В. И. Стратиграфия и формации раннего палеозоя Удино-Витимской зоны и ее дальнейшее подразделение // Материалы к геологической конференции, посвященной 50-летию Сов. государства и 10-летию БГУ. – Улан-Удэ, 1967. – С. 33–38.
 66. Doyle M. G., Allen R. L. Subsea-floor replacement in volcanichosted massive sulfide deposits // Ore Geology Reviews. – 2003. – Vol. 23. – P. 183–222.
 67. Eldridge C. S., Barton P. B. Mineral textures and their bearing on formation of the Kuroko orebodies // Economic Geology Monograph 5. – 1983. – P. 241–281.
 68. Franklin J. M., Gibson H. L., Jonasson I. R., Galley A. G. Volcanogenic massive sulfide deposits // Economic Geology 100th anniversary volume, 1905–2005: Littleton, Colo., Society of Economic Geologists. – 2005. – P. 523–560.
 69. Gibson H. L., Morton R. L., Hudak G. J. Submarine volcanic processes, deposits and environments favorable for the location of volcanic-associated massive sulfide deposits // Reviews in Economic Geology. – 1999. – Vol. 8. – P. 13–51.
 70. Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits // Reviews in Mineralogy. – 1986. – Vol. 16. – P. 491–559.
 71. Piercey S. J. A semipermeable interface model for the genesis of subseafloor replacement-type volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits // Economic Geology. – 2015. – Vol. 110. – P. 1655–1660.
 72. Schard C., Large R. R. New insights into the genesis of volcanic-hosted massive sulfide deposits on the seafloor from numerical modeling studies // Ore Geology Reviews. – 2009. – Vol. 35. – P. 333–351.

REFERENCES

1. *Andreyev V. V.* K voprosu o genezise odnogo kolchedanno-polimetallicheskogo mestorozhdeniya Zapadnogo Zabaykal'ya [On the question of the genesis of one pyrite-polymetallic deposit in Western Transbaikalia], *Geologiya i poleznyye iskopayemye Vostochnoy Sibiri*, Irkutsk, 1971, pp. 11–13. (In Russ.)
2. *Belichenko V. G., Komarov Yu. V., Musin Yu. B.* Geologo-petrograficheskiy ocherk yuzhnoy okrainy Vitimskogo ploskogor'ya (Severo-Zapadnoye Zabaykal'ye) [Geological and petrographic essay on the southern edge of the Vitim plateau (Northwestern Transbaikalia)], Moscow, AN SSSR publ., 1962, 168 p. (In Russ.)
3. *Butov Yu. P.* Rudonosnost' nizhnepaleozoyskikh osadochnykh i vulkanogenno-osadochnykh formatsiy severo-zapadnoy chasti Vitimskogo ploskogor'ya [Ore-bearing capacity of Lower Paleozoic sedimentary and volcanogenic-sedimentary formations of the northwestern part of the Vitim plateau], *Rudonosnost' i struktury rudnykh mestorozhdeniy BurASSR*, Ulan-Ude, 1970, pp. 28–40. (In Russ.)
4. *Varlamov V. A., Donets A. I., Kuznetsova T. P.* Izucheniye zakonmernostey razvitiya magmatizma i vzaimootnosheniy magmaticheskikh obrazovaniy s kolchedanno-polimetallicheskim orudneniyem v Yeravninskom rudnom rayone, Otchet po teme 79-2/41 (53d) [Study of the patterns of development of magmatism and the relationships of magmatic formations with pyrite-polymetallic mineralization in the Eravninsky ore region, Report on topic 79-2/41 (53d)], 1971. (In Russ.)
5. *Vasil'yev I. L.* Geologiya Yeravninskogo rudnogo polya [Geology of the Eravninsky ore field], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 126 p. (In Russ.)
6. *Vetrov D. V., Krupskiy A. A.* Yeravninskiy zhelezorudnyy rayon [Eravninsky iron ore region], *Trudy II soveshchaniya po metallogenii Sayano-Baykal'skoy gornoy oblasti*, Ulan-Ude, 1964, pp. 54–68. (In Russ.)
7. *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 gigant'skogo Ozernogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye, Rossiya [Classification of polymetallic ore formation processes and the transitional VMS-SEDEX-MV type – an example of the giant Ozernoye deposit in Transbaikalia, Russia], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2023, V. 65, No. 3, pp. 201–237. (In Russ.)
8. *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 the development of the Uda-Vitim island-arc system of the Transbaikal sector of the Paleasian Ocean in the late Riphean–Paleozoic], *Geologiya i geofizika*, 2010, V. 51, No. 5, pp. 589–614. (In Russ.)
9. *Gordiyenko I. V., Nefed'yev M. A.* Kurbinno-Yeravninskiy rudnyy rayon Zapadnogo Zabaykal'ya: geologo-geofizicheskoye stroeniye, tipy rudnykh mestorozhdeniy, prognoznaya otsenka i perspektivy osvoeniya [Kurbino-Eravninsky ore region of Western Transbaikalia: geological and geophysical structure, types of ore deposits, forecast assessment and development prospects], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2015, V. 57, No. 2, pp. 114–124. (In Russ.)
10. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii*, masshtab 1, 1 000 000 (tret'ye pokoleniye), seriya Aldano-Zabaykal'skaya, list N-49 "Chita". Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000 (third generation), Aldan-Transbaikal series, sheet N-49 "Chita". Explanatory note], St. Petersburg, 2011, 632 p. (In Russ.)
11. *Damdinov B. B., Vikent'yev I. V., Damdinova L. B., Minina O. R., Zhmodik S. M., Sobolev I. D., Tyukova Ye. E., Spirina A. V., Izvekova A. D., Moskvitina M. L., Sazhina T. I., Badmazhapov B. B.* Problemy genezisa mestorozhdeniy Ozerninskogo polimetallicheskogo rudnogo uzla (Zapadnoye Zabaykal'ye, Rossiya) [Problems of the genesis of the Ozerninskoe deposits poly-metallic ore cluster (Western Transbaikalia, Russia)], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 2, pp. 73–87. (In Russ.)
12. *Damdinova L. B., Damdinov B. B., Vikent'yev I. V., Reutskiy V. N.* Usloviya perekristallizatsii rud Ozernogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya (zapadnoye Zabaykal'ye, Rossiya) [Recrystallization conditions of ores of the Ozernoye polymetallic deposit (western Transbaikalia, Russia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2024, V. 66, No. 2, pp. 171–184. (In Russ.)
13. *Demidov V. V.* Osnovnyye cherty osadkonakopleniya rudovmeshchayushchey tolshchi kolchedanno-polimetallicheskogo mestorozhdeniya Ozernoye (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Main features of sedimentation of the ore-bearing strata of the Ozernoye pyrite-polymetallic deposit (Western Transbaikalia)], *Voprosy geologii Pribaykal'ya i Zabaykal'ya*, 1969, Is. 6, Pt. I, pp. 203–206. (In Russ.)
14. *Distanov E. G.* Kolchedanno-polimetallicheskiye mestorozhdeniya Sibiri [Pyrite-polymetallic deposits of Siberia], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 351 p. (In Russ.)
15. *Distanov E. G.* Rudnyye formatsii kolchedanno-polimetallicheskikh mestorozhdeniy yuga Sibiri [Ore formations of pyrite-polymetallic deposits in southern

- Siberia], *Geologiya i genezis endogennykh rudnykh formatsiy Sibiri*, 1972, Is. 143. (In Russ.)
16. *Distanov E. G., Kovalev K. R.* Tekstury i struktury gidrotermal'no-osadochnykh kolchedanno-polimetallicheskiykh rud Ozernogo mestorozhdeniya [Textures and structures of hydrothermal-sedimentary pyrite-polymetallic ores of the Ozernoye deposit], *Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ.*, 1975, 172 p. (In Russ.)
 17. *Distanov E. G., Kovalev K. R., Tarasova R. S.* Geologicheskoye stroyeniye i genezis Ozernogo svintsovo-tsinkovogo kolchedannogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Geological structure and genesis of the Ozernoye lead-zinc pyrite deposit (Western Transbaikalia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1972, No. 2, pp. 3–22. (In Russ.)
 18. *Donets A. I.* Geologicheskoye stroyeniye Ozerninskogo rudnogo uzla i zakonmernosti razmeshcheniya v yego predelakh sul'fidnogo orudneniya [Geological structure of the Ozerninsky ore cluster and patterns of distribution of sulfide mineralization within its boundaries], *Moscow, TSNIIGRI publ.*, 1972, 22 p. (In Russ.)
 19. *Kovalev K. R.* Zakonomernosti vulkanogenno-osadochnogo rudoobrazovaniya v Yeravninskom rudnom rayone (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Regularities of volcanogenic-sedimentary ore formation in the Eravninsky ore region (Western Transbaikalia)], *Endogennyye rudnyye formatsii Sibiri i problemy rudoobrazovaniya*, *Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ.*, 1986, pp. 135–151. (In Russ.)
 20. *Kovalev K. R.* Rudonosnost' vend-kembriyskiykh formatsiy tsentral'nogo i vostochnogo segmentov Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa i regeneratsiya orudneniya [Ore-bearing capacity of Vendian-Cambrian formations of the central and eastern segments of the Central Asian mobile belt and regeneration of mineralization], *Zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopayemykh (metallogeniya Sibiri)*, *Moscow, Nauka publ.*, 1988, V. XV, pp. 120–125. (In Russ.)
 21. *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 Ozerny ore cluster (Western Transbaikalia)], *Novosibirsk, Nauka publ.*, 1992, 214 p. (In Russ.)
 22. *Kovalev K. R., Gas'kov I. V., Akimtsev V. A.* Kolchedannoye rudoobrazovaniye drevnykh vulkanicheskikh oblastey i sovremennykh spredingovykh zon [Pyrite ore formation in ancient volcanic regions and modern spreading zones], *Novosibirsk, OIGGiM SO RAN publ.*, 1993, 64 p. (In Russ.)
 23. *Kovalev K. R., Distanov E. G.* O genezise Ozernogo kolchedanno-polimetallicheskogo mestorozhdeniya [On the genesis of the Ozernoye pyrite-polymetallic deposit], *Geologiya i geofizika*, 1983, No. 11, pp. 32–40. (In Russ.)
 24. *Kovalev K. R., Distanov E. G.* Usloviya obrazovaniya stratiformnykh kolchedanno-polimetallicheskiykh mestorozhdeniy Buryatii [Conditions of formation of stratiform pyrite-polymetallic deposits of Buryatia], *Stratiformnyye rudnyye mestorozhdeniya*, *Moscow, Nauka publ.*, 1987, pp. 134–144. (In Russ.)
 25. *Kovalev K. R., Distanov E. G., Pertseva A. P.* Variatsii izotopnogo sostava sery sul'fidov pri vulkanogenno-osadochnom rudoobrazovanii i metamorfizme rud Ozerninskogo rudnogo uzla v Zapadnom Zabaykal'ye [Variations in the isotopic composition of sulfur in sulfides during volcanogenic-sedimentary ore formation and metamorphism of ores of the Ozerny ore cluster in Western Transbaikalia], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1998, V. 40, No. 4, pp. 336–353. (In Russ.)
 26. *Kovalev K. R., Kochetkova K. V.* O genezise kolchedannogo mestorozhdeniya Zangoda v Zapadnom Zabaykal'ye [On the genesis of the Zangoda pyrite deposit in Western Transbaikalia], *Voprosy genezisa stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdeniy Sibiri*, *Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ.*, 1977, pp. 190–209. (In Russ.)
 27. *Kovalev K. R., Pertseva A. P., Buslenko A. I.* Izotopnyye issledovaniya v reshenii problem rudogeneza Ozerninskogo rudnogo uzla (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Isotope studies in solving the problems of ore genesis of the Ozerny ore cluster (Western Transbaikalia)], *Izotopnyye issledovaniya protsessov rudoobrazovaniya*, *Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ.*, 1991, pp. 4–29. (In Russ.)
 28. *Krupskiy A. A., Rukavets V. F.* Osobennosti metallogenicheskogo rayonirovaniya Kurbino-Yeravninskogo rayona BurASSR [Features of metallogenic zoning of the Kurbino-Eravninsky region of the Buryat ASSR], *Materialy po geologii i poleznym iskopayemyy BurASSR*, *Ulan-Ude*, 1971, Is. 14, pp. 22–24. (In Russ.)
 29. *Krupskiy A. A., Rukavets V. F.* Strukturno-metallogenicheskiye osobennosti kaledonid Kurbino-Yeravninskogo rudnogo rayona (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Structural and metallogenic features of the Caledonides of the Kurbino-Eravninsky ore region (Western Transbaikalia)], *Geosinklinal'nyye poyasa Tsentral'noy Azii*, *Ulan-Ude*, 1973, pp. 45–61. (In Russ.)
 30. *Kuznetsov V. V., Kudryavtseva N. G., Seravina T. V.* Osnovy prognoza i poiskov kolchedanno-polimetallicheskiykh mestorozhdeniy Rudnogo Altaya, *Moscow, TSNIIGRI publ.*, 2019, 207 p. (In Russ.)
 31. *Kuznetsov V. V., Seravina T. V., Konkina A. A.* Klassifikatsiya svintsovo-tsinkovykh i kolchedanno-polimetallicheskiykh mestorozhdeniy na osnove ikh formatsionnykh tipov [Classification of lead-zinc and

- pyrite-polymetallic deposits based on their formation types], *Otechestvennaya geologiya*, 2025, No. 4, pp. 3–23. (In Russ.)
32. *Lobanov K. V., Nekos V. V.* Mestorozhdeniya tipa SEDEX – vazhneyshiy istochnik Zn, Pb i Ag v mire. Kratkiy mirovoy obzor. Perspektivy Rossii i Krasnoyarskogo kraya [SEDEX-type deposits are the most important source of Zn, Pb, and Ag in the world. Brief world review. Prospects for Russia and Krasnoyarsk Krai], *Zhurnal SFU. Tekhnika i tekhnologii*, 2017, No. 7, pp. 881–907. (In Russ.)
 33. *Malayev A. A.* Izucheniye geologo-strukturnykh osobennostey, veshchestvennogo sostava rud i otsenka perspektiv kolchedanno-polimetallicheskogo mestorozhdeniya Ozernoye [Study of geological and structural features, material composition of ores and assessment of the prospects of the pyrite-polymetallic deposit Ozernoye], Moscow, TSNIIGRI publ., 1967. (In Russ.)
 34. *Minina O. R., Gordiyenko I. V., Damdinov B. B., Tashlykov V. S., Gonager 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 sediments of the Ozernoye polymetallic deposit (Western Transbaikalia)], *Litologiya i poleznye iskopayemye*, 2023, No. 3, pp. 299–314. (In Russ.)
 35. *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 folded system (Western Transbaikalia)], *Geotektonika*, 2016, No. 3, pp. 63–84. (In Russ.)
 36. *Minina O. R., Lantseva V. S., Sobolev I. D.* Sostav, vozrast i obstanovki formirovaniya ozerninskoy tolshchi Udino-Vitimskoy zony (zapadnoye Zabaykal'ye, Rossiya) [Composition, age and formation environments of the Ozerninskaya sequence of the Uda-Vitim zone (western Transbaikalia, Russia)], *Litologiya i poleznye iskopayemye*, 2025, No. 3, pp. 296–315. (In Russ.)
 37. *Nuvar'yeva YU. A.* Magmaticheskiye porody i metamorfizm na kolchedannykh, sideritovykh i magnetitovykh mestorozhdeniyakh Yeravninskogo rudnogo rayona v Zabaykal'ye [Igneous rocks and metamorphism at pyrite, siderite and magnetite deposits of the Eravninsky ore region in Transbaikalia], *Novyye dannyye po magmatizmu Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti*, 1974, Is. 191, pp. 76–88. (In Russ.)
 38. *Nuvar'yeva Yu. A.* O vzaimootnosheniyyakh kolchedannykh i sideritovykh rud na Ozernom mestorozhdenii [On the relationships between pyrite and siderite ores at the Ozernoye deposit], *Novyye dannyye po geologii rudnykh mestorozhdeniy Sibiri*, 1974, Is. 198, pp. 22–29. (In Russ.)
 39. *Nuvar'yeva Yu. A., Slivinskiy A. A.* Nekotoryye priznaki paragenezisa stratiformnykh kolchedanno-polimetallicheskikh i zhelezorudnykh mestorozhdeniy Zabaykal'ya [Some features of the paragenesis of stratiform pyrite-polymetallic and iron ore deposits of Transbaikalia], *Protessy osadochnykh i vulkanogenno-osadochnykh nakopleniy tsvetnykh metallov*, Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ., 1980, pp. 119–124. (In Russ.)
 40. *Nuvar'yeva Yu. A., Slivinskiy A. A., Yakimov L. I.* Polifatsial'nost' vulkanogenno rudoobrazovaniya i metamorfizm rud na primere zhelezorudnykh mestorozhdeniy Zapadnogo Zabaykal'ya [Polyfaciality of volcanogenic ore formation and ore metamorphism on the example of iron ore deposits of Western Transbaikalia], *Vulkanogenno-osadochnoye rudoobrazovaniye v Sibiri*, Novosibirsk, SNIIGiMS, 1980, Is. 274, pp. 61–73. (In Russ.)
 41. *Plotnikov YU. V., Ripp G. S.* Geologiya, zakonmernosti razmeshcheniya i geneticheskiye osobennosti kolchedannogo orudneniya v severnoy chasti Kurbinskogo rayona Buryatskoy ASSR [Geology, distribution patterns and genetic features of pyrite mineralization in the northern part of the Kurbinsky region of the Buryat ASSR], *Mineralogo-geokhimicheskiye ocherki Zabaykal'ya*, Ulan-Ude, 1971, pp. 120–126. (In Russ.)
 42. *Ripp G. S.* Geokhimiya endogenno orudneniya i kriterii prognoza v skladchatykh oblastyakh [Geochemistry of endogenous mineralization and forecast criteria in folded regions], Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ., 1984, 189 p. (In Russ.)
 43. *Ripp G. S., Belogolovov V. F.* Pervichnyye oreoly rasseyaniya nekotorykh tipov endogennykh mestorozhdeniy Zapadnogo Zabaykal'ya [Primary dispersion halos of some types of endogenous deposits in Western Transbaikalia], *Materialy k geologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu Sov. gosudarstva i 10-letiyu BGU*, Ulan-Ude, 1967, pp. 392–396. (In Russ.)
 44. *Ripp G. S., Gurulev S. A., Kaviladze M. Sh.* Izotopnyy sostav sery stratiformnykh mestorozhdeniy Buryatii [Isotopic composition of sulfur in stratiform deposits of Buryatia], *Voprosy genezisa stratiformnykh svin-tsovo-tsinkovykh mestorozhdeniy Sibiri*, Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ., 1977, pp. 209–218. (In Russ.)
 45. *Ripp G. S., Kunitsyn V. G.* Izotopno-geokhimicheskaya zonal'nost' Ozerninskogo rudnogo uzla [Isotope-geochemical zoning of the Ozerny ore cluster], *Geol.-genet. modeli i lokal. prognoz. endogen. orudneniya v Zabaykal'ye*, Novosibirsk, AN SSSR SO publ., 1991, pp. 98–107. (In Russ.)
 46. *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 folded system: structure and geodynamic evolution], *Geotektonika*, 2012, No. 2, pp. 3–28. (In Russ.)
47. *Rusakov V. Yu.* Geokhimicheskiye osobennosti gidrotermal'nykh plyumov nad polyami TAG i Broken Spur (Sredinno-Atlanticheskiy khrebet) [Geochemical features of hydrothermal plumes above the TAG and Broken Spur fields (Mid-Atlantic Ridge)], *Geokhimiya*, 2009, No. 2, pp. 115–140. (In Russ.)
 48. *Rusakov V. Yu.* Sravnitel'nyy analiz mineral'nogo i khimicheskogo sostava dymov “chernykh kuril'shchikov” gidrotermal'nykh poley TAG i Broken Spur (Sredinno-Atlanticheskiy khrebet) [Comparative analysis of the mineral and chemical composition of smoke from “black smokers” of the TAG and Broken Spur hydrothermal fields (Mid-Atlantic Ridge)], *Geokhimiya*, 2007, No. 7, pp. 766–785. (In Russ.)
 49. *Seravina T. V., Inyakin A. V., Kuznetsov V. V., Murzin O. V., Zayatdinov M. R., Konkina A. A., Kudryavtseva N. G.* Osobennosti i usloviya nakopleniya vulkanogenno-osadochnykh otlozheniy nizhnego kembriya (Salairskiy kryazh) [Features and conditions of accumulation of volcanogenic-sedimentary deposits of the Lower Cambrian (Salair Ridge)], *Otechestvennaya geologiya*, 2017, No. 2, pp. 22–30. (In Russ.)
 50. *Slivinskiy A. A., Matyukhin N. Ye., Gavrilov O. I.* Novyy tip medno-molibdenovogo orudneniya v Yevravninskom rudnom rayone i yego poiskovyie priznaki [New type of copper-molybdenum mineralization in the Eravninsky ore region and its exploration features], *Materialy po geologii Zabaykal'ya*, 1972, Is. 67, pp. 14–20. (In Russ.)
 51. *Tarasova R. S.* Ozeroye kolchedanno-polimetallicheskoye mestorozhdeniye. Materialy dorazvedki verkhnykh gorizontov, pereschet zapasov na 01.VI.1975 g. Otchet Ozeroy GRP za 1974–1975 gg. [Ozeroye pyrite-polymetallic deposit. Materials of additional exploration of the upper horizons, recalculation of reserves as of 01.VI.1975. Report of the Ozeroye GRP for 1974–1975], Ulan-Ude, 1975. (In Russ.)
 52. *Tarasova R. S., Babkin I. N., Bliznyuk M. V., Fil'ko A. S., Gorbunov S. V., Alkalayev B. K.* Ozeroye kolchedannoye svintsovo-tsinkovoye mestorozhdeniye. Otchet za 1964–1969 gg. s podschetom zapasov [Ozeroye pyrite lead-zinc deposit. Report for 1964–1969 with reserve calculation], Ulan-Ude, Buryat. geol. upr. publ., 1969, 432 p. (In Russ.)
 53. *Tarasova R. S., Bliznyuk M. V., Babkin I. N.* O formatsionnom tipe n genezise Ozeroy svintsovo-tsinkovogo kolchedannogo mestorozhdeniya [On the formation type and genesis of the Ozeroye lead-zinc pyrite deposit], *Geologiya i genezis endogennykh rudnykh formatsiy Sibiri*, 1972, Is. 143, pp. 79–97. (In Russ.)
 54. *Tetyayev M. M.* Geotektonika SSSR [Geotectonics of the USSR], Leningrad–Moscow, GONTI publ., 1938, 298 p. (In Russ.)
 55. *Feofilaktov G. A.* Novyye dannyye o strukture Ozeroy mestorozhdeniya [New data on the structure of the Ozeroye deposit], *Sovetskaya geologiya*, 1982, No. 7, pp. 41–48. (In Russ.)
 56. *Feofilaktov G. A.* O svyazi raznotipnogo orudneniya Ozerinskogo rudnogo uzla s yedinoy postorogennoy magmatogenno-gidrotermal'noy sistemoy [On the relationship of the different types of mineralization of the Ozerinsky ore cluster with a single post-orogenic magmatic-hydrothermal system], *Geologiya, mineralogiya i usloviya obrazovaniya gidrotermal'nykh mestorozhdeniy Zabaykal'ya*, Novosibirsk, Nauka, Sibirskoye otdeleniye publ., 1987, pp. 116–124. (In Russ.)
 57. *Fil'ko A. S., Babkin I. N., Tarasova R. S.* Ozeroye svintsovo-tsinkovoye mestorozhdeniye [Ozeroye lead-zinc deposit], *Razvedka i okhrana neдр*, 1967, No. 3, pp. 17–22. (In Russ.)
 58. *Firsov A. P.* Usloviya obrazovaniya intruziy kvartspagioklazovykh porfirov Ozerinskogo rudnogo polya i prichina svyazi s nimi orudneniya [Conditions of formation of intrusions of quartz-plagioclase porphyries of the Ozeroy ore field and the reason for the connection of mineralization with them], *Magmaticheskiye komplekсы i rudnyye mestorozhdeniya Zabaykal'ya*, 1986, pp. 94–102. (In Russ.)
 59. *Khrenov P. M., Rafiyenko N. I.* K metallogenii Severo-Zapadnogo Zabaykal'ya [On the metallogeny of Northwestern Transbaikalia], *Materialy po geologii rudnykh mestorozhdeniy Zapadnogo Zabaykal'ya*, Irkutsk, 1960. (In Russ.)
 60. *Khryanina L. P.* O nizhnemembriyskikh intruziyakh avtomagmaticheskikh brekchiy v Severnoy Buryatii [On Lower Cambrian intrusions of automagmatic breccias in Northern Buryatia], *Materialy k geologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu Sov. gosudarstva i 10-letiyu BGU, Ulan-Ude*, 1967, pp. 114–116. (In Russ.)
 61. *Khryanina L. P.* Ob osobennostyakh razvitiya effuzivnogo magmatizma v verkhney chasti oldyndinskoy svity na yuge Vitimskogo ploskogor'ya [On the features of the development of effusive magmatism in the upper part of the Oldynda suite in the south of the Vitim plateau], *Materialy k geologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu Sov. gosudarstva i 10-letiyu BGU, Ulan-Ude*, 1967, pp. 107–110. (In Russ.)
 62. *Tsarev D. I.* Genezis Ozeroy kolchedannotsinkovogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye [Genesis of the Ozeroye pyrite-zinc deposit in Transbaikalia], *Izv. AN SSSR*, 1983, pp. 97–107. (In Russ.)
 63. *Tsarev D. I.* Geneticheskiye priznaki rudnykh mestorozhdeniy [Genetic characteristics of ore deposits], Ulan-Ude, 1994, 328 p. (In Russ.)
 64. *Yazmir M. M.* O raspredelenii iskopayemykh form v razrezakh oldyndinskoy svity zapadnoy chasti

- Yeravninskoy zony [On the distribution of fossil forms in sections of the Oldynda suite of the western part of the Eravninskaya zone], *Materialy po geologii i poleznom iskopayemym BurASSR*, 1972, Is. XV, pp. 57–65. (In Russ.)
65. *Yazmir M. M., Perinova E. P., Alekseyev V. I.* Stratigrafiya i formatsii rannego paleozoya Udino-Vitimskoy zony i yeye dal'neysheye podrazdeleniye [Stratigraphy and formations of the early Paleozoic Uda-Vitim zone and its further subdivision], *Materialy k geologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu Sov. gosudarstva i 10-letiyu BGU, Ulan-Ude*, 1967, pp. 33–38. (In Russ.)
 66. *Doyle M. G., Allen R. L.* Subsea-floor replacement in volcanichosted massive sulfide deposits, *Ore Geology Reviews*, 2003, Vol. 23, pp. 183–222.
 67. *Eldridge C. S., Barton P. B.* Mineral textures and their bearing on formation of the Kuroko orebodies, *Economic Geology Monograph* 5, 1983, pp. 241–281.
 68. *Franklin J. M., Gibson H. L., Jonasson I. R., Galley A. G.* Volcanogenic massive sulfide deposits, *Economic Geology 100th anniversary volume, 1905–2005*: Littleton, Colo., Society of Economic Geologists, 2005, pp. 523–560.
 69. *Gibson H. L., Morton R. L., Hudak G. J.* Submarine volcanic processes, deposits and environments favorable for the location of volcanic-associated massive sulfide deposits, *Reviews in Economic Geology*, 1999, Vol. 8, pp. 13–51.
 70. *Ohmoto H.* Stable isotope geochemistry of ore deposits, *Reviews in Mineralogy*, 1986, Vol. 16, pp. 491–559.
 71. *Piercey S. J.* A semipermeable interface model for the genesis of subseafloor replacement-type volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, *Economic Geology*, 2015, Vol. 110, pp. 1655–1660.
 72. *Schard C., Large R. R.* New insights into the genesis of volcanic-hosted massive sulfide deposits on the seafloor from numerical modeling studies, *Ore Geology Reviews*, 2009, Vol. 35, pp. 333–351.

Статья поступила в редакцию 23.12.25; одобрена после рецензирования 06.03.26; принята к публикации 06.03.26.
The article was submitted 23.12.25; approved after reviewing 06.03.26; accepted for publication 06.03.26.

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов по вопросам размещения рекламы или издания целевого номера.