

Золото-серебряная минерализация Олойской зоны и её промышленные перспективы

Ю.Н.НИКОЛАЕВ¹, И.А.КАЛЬКО¹, И.А.БАКШЕЕВ¹, А.В.АПЛЕТАЛИН¹, Е.А.ВЛАСОВ¹, Ю.Н.ХАБИБУЛЛИНА¹, Г.Т.ДЖЕДЖЕЯ², В.Ю.ПРОКОФЬЕВ^{2,1}, П.Л.ТИХОМИРОВ^{3,1}


¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (ФГБОУ ВО МГУ); 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН); 119017 Москва, Старомонетный пер., 35,

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А.Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН); 685000, г. Магадан, ул. Портовая, 16

Оценены перспективы Олойской складчатой зоны (Западная Чукотка) на обнаружение золото-серебряного оруденения жильно-прожилкового, прожилкового и прожилково-вкрапленного типов в интрузивных, вулканогенных и вулканогенно-терригенных породах. Рассмотрены минералого-геохимические критерии выявления, типизации и параметры формирования наиболее распространённых типов золото-серебряной минерализации, которые могут иметь промышленные перспективы.

Ключевые слова: золото-серебряная минерализация, химический состав рудных минералов, флюидные включения, Олойская зона, Чукотка.

Николаев Юрий Николаевич кандидат геолого-минералогических наук		nikolaev@geol.msu.ru
Калько Ильдар Анатольевич кандидат геолого-минералогических наук		ildarkalko@ya.ru
Бакшеев Иван Андреевич кандидат геолого-минералогических наук		iab_68@mail.ru
Аплеталин Андрей Владимирович		aplet@geol.msu.ru
Власов Евгений Алексеевич кандидат геолого-минералогических наук		user420@geol.msu.ru
Хабидулина Юлия Николаевна кандидат геолого-минералогических наук		bobbin@yandex.ru
Джеджея Георгий Тенгизович кандидат геолого-минералогических наук		jejeja@yandex.ru
Прокофьев Всеволод Юрьевич доктор геолого-минералогических наук		vpr2004@rambler.ru
Тихомиров Петр Леонидович доктор геолого-минералогических наук		petr_tikhomirov@mail.ru

The Oloi zone: gold-silver mineralization and its economic prospects

Yu.N.NIKOLAEV¹, I.A.KALKO¹, I.A.BAKSHEEV¹, A.V.APLETALIN¹, E.A.VLASOV¹, Yu.N.KHABIBULLINA¹, G.T.DZHEDZHEYA¹, V.Yu.PROKOFIEV^{2,1}, P.L.TIKHOMIROV^{3,1}

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V.Lomonosov Moscow State University (Lomonosov MSU or MSU),

²Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS (IGEM RAS)

³Federal State Budget Institution of Science north-eastern integrated research Institute. N.A.Shilo of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

The prospects of the gold-silver mineralization in intrusive, volcanic and volcanoclastic rocks within the Oloy folded area are evaluated. Mineralogical and geochemical exploration criteria and formation parameters of the most common types of the gold-silver mineralization, which are economically important are discussed.

Key words: gold-silver mineralization, chemical composition of ore minerals, fluid inclusions, Oloi zone, Chukotka.

К категории объектов, промышленное освоение которых ведётся (или планируется в ближайшее время) на Чукотке, относятся месторождения золото-кварцевой, золото-серебряной вулканогенной и медно-порфировой рудных формаций. Наиболее востребованными в настоящее время и вовлечёнными в промышленную отработку являются месторождения вулканогенной золото-серебряной формации с богатыми (бонанцевыми) рудами (Купол, Двойное, Сентябрьское и др.), расположенные во внешней и перивулканической зонах Центрально-Чукотского сегмента Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП), а также в наложенных вулканогенных впадинах мезозойд. В Олойской складчатой зоне известны многочисленные проявления и аномальные геохимические поля, в которых также прогнозируется Au-Ag оруденение.

Олойская складчатая зона представляет собой коллаж тектонических блоков, большая часть которых имеет островодужную природу [10, 15]. Наиболее древние образования в пределах рассматриваемой территории представлены комплексами Яракваамского поднятия (террейна), включающими вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи девона(?), карбона и перми (рис. 1) с суммарной мощностью 3,5–4 км [11]. Палеозойские комплексы Яракваамского террейна слагают серию блоков, разделённых тектоническими нарушениями. Выходы палеозойских комплексов известны также на юго-западе Олойской зоны, у её границы с Омолонским блоком раннедокембрийской коры.

Из плутонических образований рассматриваемой части Олойской зоны к палеозою отнесены породы, входящие в состав офиолитовых ассоциаций (ультрабазиты, габброиды и плагиограниты Алучинского и Громадненско-Вургувеевского массивов).

Большую часть площади Олойской зоны занимают смятые в складки терригенные, вулканогенно-терригенные и вулканогенные комплексы триаса, юры и неокома. Мезозойские разрезы начинаются с отложений среднего и верхнего триаса. Доля вулканогенного материала варьирует в широких пределах как по латерали, так и в локальных разрезах. Наиболее мощные вулканогенные толщи датированы поздним триасом, ранней юрой и поздней юрой–берриасом. Состав вулканитов также весьма разнообразен – от базальтового до риолитового. Преобладают дифференцированные образования известково-щелочной серии, типичные для субдукционных обстановок.

В течение берриасового века, в интервале 144–139 млн. лет, согласно результатам U-Pb датирования [8], на территории Олойской зоны сформирован ряд интрузивов егдыгкычского комплекса, сложенных габброидами, монцодиоритами и кварцевыми сиенитами. Значительная часть этих тел образует ряд северо-западного простирания, выстраиваясь вдоль западной границы Яракваамского террейна (см. рис. 1). Предло-

жена модель формирования массивов егдыгкычского комплекса в обстановке правосдвигового смещения вдоль зоны Алучинского разлома [14]. С массивами данного комплекса парагенетически связано медно-порфировое оруденение, включая крупное месторождение Песчанка [8].

На смятые в складки толщи палеозоя и мезозоя (по валанжин включительно) с резким несогласием налегают терригенно-обломочные (в том числе угленосные) и вулканогенные породы апта–альба. Эти отложения выполняют наложенные впадины до сотен километров в поперечнике, распространённые на территории всей Олойской зоны (см. рис. 1). Мощность терригенных толщ в наиболее крупных прогибах достигает 3 км, максимальная мощность вулканитов оценивается в 2–2,5 км. Состав вулканитов варьирует от базальтового до риолитового. Высказано предположение о формировании наложенных вулканогенных впадин Олойской зоны (а также сопредельных Аннойской и Южно-Анной зон) в постколлизивной обстановке [12].

В Олойской зоне широко развита гидротермальная, в том числе золото-серебряная, минерализация, связанная с позднеюрским–раннемеловым магматизмом.

К плутоногенному классу гидротермальной минерализации относятся золото-серебряные проявления, сопряжённые с золото-молибден-медно-порфировыми системами Олойской зоны, которые связаны с раннемеловым егдыгкычским (~140 млн. лет) габбро-монцонит-сиенитовым и более молодыми, но также раннемеловыми мангазейским (~120 млн. лет) габбро-диорит-сиенитовым и олойским (~110 млн. лет) габбро-диорит-гранодиоритовым интрузивными комплексами.

К вулканогенной золото-серебряной формации в Олойской зоне относятся известные и новые перспективные проявления в наложенных впадинах мезозойд (Мангазейской, Кричальской, Ненканской, Нембондинской), сложенных вулканогенными риолит-базальтовым и андезит-базальтовыми комплексами.

Плутоногенная золото-серебряная минерализация порфирово-эпитептермальных систем. В пределах Олойской зоны известны Au-Mo-Cu-порфировые месторождения и проявления (Песчанка, Находка, Лучик, Темный, Аскет, Ветренный, Пряжка, Сульфидный и др.), связанные с позднеюрско-раннемеловым егдыгкычским габбро-монцонит-сиенитовым и раннемеловым мангазейским габбро-диорит-сиенитовым комплексами. В обоих случаях медно-порфировое оруденение сопровождается более низкотемпературной (эпитептермальной) Au-Ag минерализацией, которая образует как самостоятельные объекты на периферии порфировых систем (Весеннее, Прямое в Баимской меднорудной зоне; Пасмурный, Дуга, Плавный в Мангазейском узле), так и присутствует непосредственно в составе меднорудных штокверков (Песчанка, Малыш, Лучик, 3-й Весенний). Достаточно распространённой

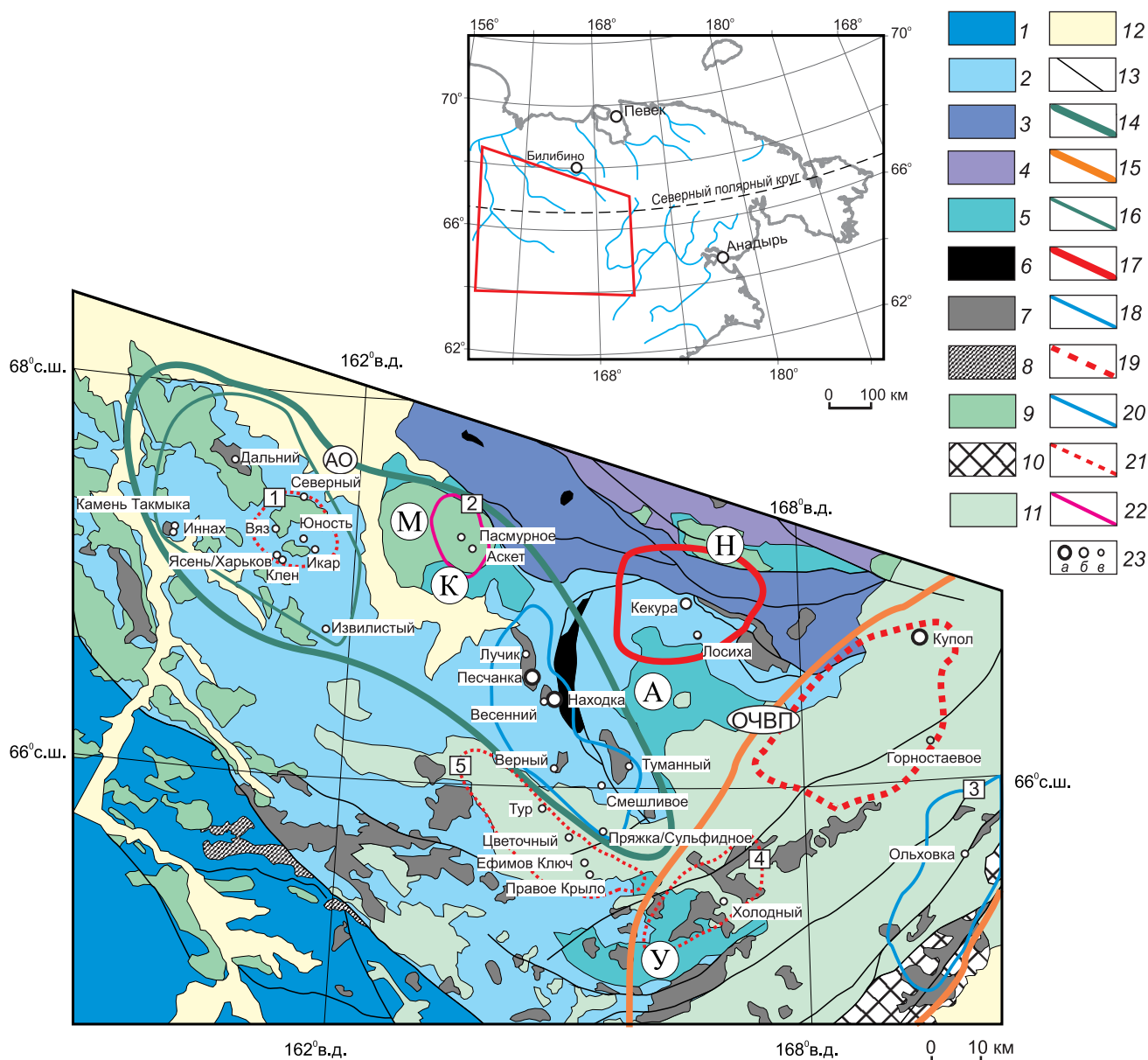


Рис. 1. Схема геологического строения и металлогенического районирования Западной Чукотки. Составлена на основе геологической карты масштаба 1:500 000 [12]:

1–4 – палеозой-мезозойские комплексы различных тектонических зон Верхояно-Чукотской складчатой системы: 1 – Березовской, 2 – Олойской, 3 – Южно-Ануйской, 4 – Ануйской и Чукотской; 5 – позднеюрско-раннемеловые осадочные комплексы наложенных впадин, продолжительно синколлизионной природы (впадины: Н – Нутесынская, К – Камешковская, А – Айнахургенская, У – Умкувеемская); 6 – массивы альпинотипных ультрабазитов; 7 – массивы гранитоидов и (меньшей частью) габброидов; 8 – наиболее крупные тела талалахского щелочного комплекса; 9 – преимущественно вулканогенные комплексы наложенных впадин мезозой (М – Мангазейская); 10 – вулканогенные комплексы Удско-Мургалского пояса (титон–апт?); 11 – вулканогенные комплексы Охотско-Чукотского пояса (альб–сантон); 12 – четвертичные отложения; 13 – разрывные нарушения; 14–15 – рудные зоны: 14 – Алазей-Олойская медная (АО), 15 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс золото-серебряный (ОЧВП); 16–19 – рудные районы: 16 – Тополево-Хетачанский (медный с золотом), 17 – Стадухинский (золотой), 18 – Баимский (медный), 19 – Купольский (Кайемравеемский) (золото-серебряный); 20–22 – рудные узлы по типу минерализации: 20 – CuMoAu, 21 – AuAg, 22 – AuAgCu (цифры в квадратах: 1 – Верхне-Кричальский, 2 – Мангазейский, 3 – Ольховский, 4 – Гангутский, 5 – Нембондинский); 23 – ключевые крупные месторождения (а), средние месторождения (б), мелкие месторождения и рудопроявления (в); контур на врезке – район работ

является ситуация, когда золото-серебряная минерализация проявлена самостоятельно в эндо- и экзоконтактовых зонах интрузивов при отсутствии признаков медно-порфирового оруденения (проявления Туманный и Спокойный в Вукнейском узле).

В структурно-тектоническом плане порфирово-эпитермальные системы Олойской зоны приурочены или к крупным магматогенным поднятиям с многофазными батолитами, или к небольшим интрузивным телам относительно однородного состава. Проявления Au-Ag минерализации, ассоциированные с медно-порфировыми системами, представлены жильными, жильно-прожилковыми зонами, линейными и изометричными штокверками, кварц-иллит-мусковитовыми±карбонат метасоматитами с неравномерным распределением золота и серебра. В минералогическом отношении Au-Ag руды этого типа характеризуются широким разнообразием составов.

Золото-серебряная минерализация порфирово-эпитермальных систем в магматогенных поднятиях. К этому типу относится золото-серебряная минерализация, ассоциированная с медно-порфировыми месторождениями в крупных батолитоподобных интрузивах позднеюрско-раннемелового егдыгкычского габбро-монзонит-сиенитового комплекса (139–144 млн. лет). Главными представителями этого типа являются месторождения и проявления Баимской меднорудной зоны [8].

Месторождение Весеннее и проявление Прямое расположены на флангах рудного поля Находка. Они приурочены к выходам кварцевых монцодиорит-порфиров и порфировидных диоритов егдыгкычского комплекса (143–141 млн. лет) и их ближним экзоконтактам, сложенным преимущественно осадочными отложениями волжского яруса верхней юры [1]. Жильно-прожилковые руды золото-серебряного месторождения Весеннее на глубине 200 м от поверхности сопрягаются со слепым медно-порфировым штокверком.

Рудные тела с золото-серебряной минерализацией – кварц-карбонатные умеренно-сульфидные жилы мощностью 0,5–3 м и зоны прожилкования мощностью от 10 до 150 м и протяжённостью 500–1200 м, образующие большеобъёмный штокверк площадью около одного квадратного километра.

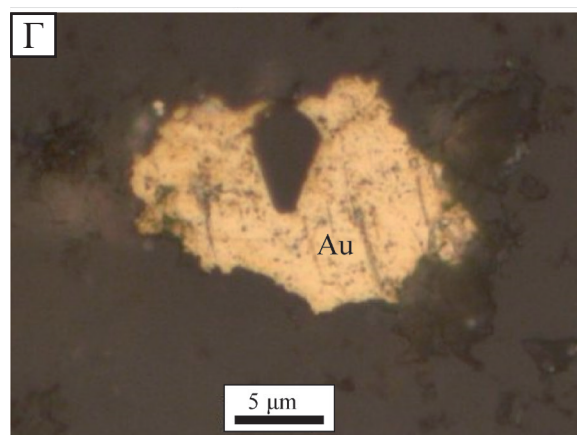
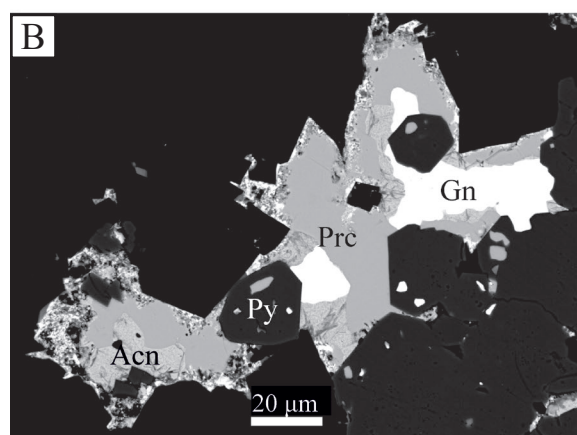
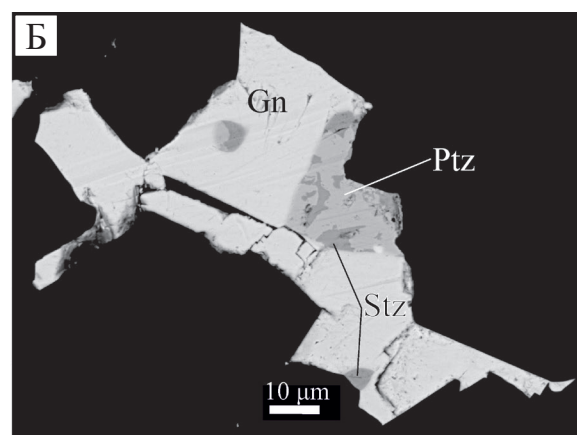
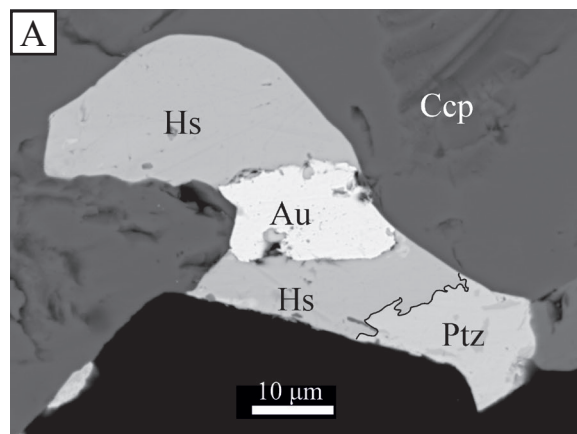


Рис. 2. Минералы благородных металлов месторождения Весеннее, Баимская рудная зона (А–В) и проявления Олень, Мангазейская впадина (Г):

А – агрегат гессита, самородного золота и петцита в халькопирите; Б – замещение петцита штютцитом; В – агрегат пирсеита и галенита в интерстициях между зёрнами кварца и пирита, пирсеит локально замещается акантитом; Г – зерно самородного золота; фото: А–В – в отражённых электронах, Г – в отражённом свете; Асп – акантит, Au – самородное золото, Сср – халькопирит, Gn – галенит, Hs – гессит, Prc – пирсеит, Ptz – петцит, Py – пирит

Главными рудными минералами являются мышьяковистый пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, цинкистые блёклые руды, содержащие Ag до 4 мас.%. К второстепенным относится арсенопирит, иногда встречается киноварь. В рудах носители благородных металлов – акантит, Ag-Au сплавы (пробность 660–840), Au-Ag теллуриды, гессит, Ag-сульфосоли (пирсеит-полибазит) (рис. 2). Серебро сосредоточено главным образом в Ag-Au сплавах и гессите. Главные носители As – мышьяковистый пирит (As до 10 мас.%) и блёклые руды. Основные жильные минералы – кварц, марганцовистый доломит и родохрозит.

Содержание золота в жилах неравномерное – 1–30 г/т, серебра – 5–500 г/т, отношение Au:Ag=1:5–1:15. Жилы разобщённые, и в них заключено не более 10% запасов месторождения. При включении в контур подсчёта прожилковой части зон возможно выделение нескольких большеобъёмных рудных тел с содержаниями золота 1–3 г/т, серебра – 10–20 г/т и крупными по масштабу запасами.

Перспективное золото-серебряное проявление Турманное расположено в 30 км к югу от рудного поля Находка, в экзоконтактовой зоне Вукнейского батолито-подобного массива, относящегося [4] к егдыгкычскому комплексу (143–139 млн. лет). Проявление находится в пределах рудного поля Вукней площадью 70 км², приуроченного к интрузивным породам массива и его экзоконтактовой зоне [14].

Массив сложен интрузивными породами трёх фаз внедрения. Габброиды первой фазы образуют разнообразные по форме тела длиной до 3,5 км. Монцодиориты второй фазы слагают сложнопостроенное тело с извилистыми границами площадью 8–10 км², разбитое на блоки многочисленными тектоническими нарушениями. Кварцевые монцодиорит-порфиры и субщелочные кварцевые диориты слагают небольшие тела сложной формы с извилистыми границами. На площади проявления широко распространены дайки разного состава, относящиеся к егдыгкычскому комплексу. Вмещающими южную часть массива породами, в которых распространена золото-серебряная минерализация, являются вулканогенно-терригенные отложения прозрачной свиты нижнего берриаса и глуховской свиты верхнего титона, представленные аргиллитами и алевролитами, которые переслаиваются с туфами дацитов и риолитов, туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфами среднего состава.

Ведущие типы метасоматических изменений – пропитилизация и окварцевание. В структуре рудного поля выделяются изометричные и линейные зоны метасоматитов, вмещающие кварцевые жилы протяжённостью до 800 м. Жилы крутопадающие, мощностью 0,3–1,5 м, группируются в жильные зоны северо-западного и северо-восточного простирания.

В рудном поле проявлена отчётливая минералогическая зональность. В изменённых породах интрузивного массива кварцевые жилы содержат преимуще-

ственно халькопирит. В экзоконтактовой части массива, сложенной вулканотерригенными породами, в составе жил доминируют галенит, сфалерит, минералы золото-серебро-полиметаллической ассоциации, появляется арсенопирит. По мере удаления от контакта с массивом количество сульфидов в жилах снижается, здесь спорадически проявляется золото-убогосульфидная минерализация.

Руды проявления средне-крупнокристаллические массивные или кавернозные с редкими гнездами карбоната и неравномерной вкрапленностью рудных минералов. Главные рудные минералы – пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, халькопирит. К второстепенным относится высокоцинкистый теннантит-тетраэдрит; редко встречаются обогащённые Ag блёклые руды (до аргентотетраэдрита), бурнонит, имитерит. Основной формой золота является электрум (600–670) и ртутьсодержащий кюстелит, серебро сконцентрировано в полибазите, Ag-Au сплавах, акантите и гессите. Главные носители As – мышьяковистый пирит и арсенопирит. Основные жильные минералы – кварц, доломит и кальцит.

Продуктивная ассоциация золото-серебро-полиметаллических руд образована пиритом третьей генерации, галенитом, теннантитом-тетраэдритом второй генерации, бурнонитом, акантитом, имитеритом, минералами ряда пирсеит-полибазит, гесситом, сервеллитом, петцитом, Ag-Au сплавами. Содержания золота в умеренносульфидных кварцевых жилах – 1–10 г/т, серебра – 30–1000 г/т, отношение Au:Ag=1:30–1:200.

Главным концентратом золота и серебра является электрум. Он установлен в окисленных зёрнах пирита, на их границах, а также в жильном кварце. Размер зёрен от 10 до 100 мкм. В пирите электрум развит исключительно в зонах, обогащённых As. Пробность электрума 598–693. На краю выделений электрума развивается более высокопробное самородное золото, также образующее тончайшие просечки (<1 мкм) в Ag-Au сплаве. Кроме того, в электруме выявлен поздний золото-серебряный сульфид.

Золото-убогосульфидный тип руд был выявлен в западной части рудного поля. Жилы с золото-серебряной минерализацией этого типа сложены массивным, местами кавернозным, мелко-среднекристаллическим кварцем; в отдельных образцах отмечаются небольшие полости с кристаллами кварца свободного роста. Мощность жил варьирует от одного метра до первых десятков сантиметров. В жилах присутствует неравномерная, редкая вкрапленность сульфидов, которые, как правило, почти полностью окислены, за счёт чего жилы приобретают жёлто-розовый, рыжий или коричневый оттенки. Содержания золота в кварцевых жилах – 2–100 г/т, серебра – 15–60 г/т, отношение Au:Ag=1:1–1:2.

К более перспективному типу на проявлении Турманное следует отнести золото-серебро-полиметаллический тип оруденения с большим объёмом жильной

массы и значительным размахом по гипсометрии (не менее 500 м).

Золото-серебряная минерализация порфирово-эпитермальных систем в наложенных впадинах мезозойд. В Олойской зоне выделяется ряд наложенных впадин, где вулканогенные толщи интродуцированы порфировыми гранитоидами, с которыми ассоциирует Au-Mo-Cu-порфировое оруденение. Наиболее изученной из них является Мангазейская впадина. Особенности её геологического строения, история развития и минерагения подробно рассмотрены в работах [7, 9, 12].

Мангазейская вулканоструктура, сформированная, по-видимому, в аптское время, наложена на более древние отложения Камешковского прогиба, выполненного осадочными отложениями берриаса–валанжина. Состав вулканитов мангазейского комплекса – известково-щелочные андезиты, базальты и их туфы. Вулканогенные толщи интродуцированы небольшими телами габбро-диорит-гранодиоритового мангазейского комплекса (117±12 млн. лет). Интрузивные тела [5] вмещают медно-порфировое оруденение штокверкового типа (проявления Аскет, Камешковая, Орловкинское). Зоны гидротермально изменённых пород распространены в основном в эндо- и экзоконтактах интрузивов.

Золото-серебряная минерализация жильно-прожилкового типа в Мангазейском рудном узле приурочена к протяжённым (до 5 км), мощным (до 1 км) зонам гидротермально изменённых пород северо-западного и северо-восточного простирания. Кварцевые и кварц-карбонатные жилы небольшой протяжённости (30–100 м), маломощные (0,3–0,5 м), содержат убогосульфидную минерализацию с крайне неравномерным распределением золота (1–160 г/т) и серебра (1–1200 г/т) при отношении Au:Ag=1:5–1:15. Зоны прожилкования мощностью от первых метров до 50 метров имеют протяжённость 100–200 м при содержаниях золота 0,5–2 г/т.

Основными рудными минералами жил и прожилков являются арсенопирит, мышьяковистый пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, высокоцинкистый теннантит-тетраэдрит. К второстепенным можно отнести буланжерит, бурнонит и марказит. Золото (см. рис. 2, Г) сосредоточено в Ag-Au сплаве (660–770), а серебро – в фрейбергите, акантите, науманните и Ag-Au сплаве. Жильные минералы – кварц, доломит, кальцит.

При сходстве золото-серебряных объектов, ассоциированных с разновозрастными медно-порфировыми месторождениями, существуют некоторые различия в минеральном составе руд и условиях их формирования.

На месторождении Весеннее и проявлении Прямое в качестве жильных минералов присутствуют родохрозит и марганцовистый доломит, в то время как в Мангазейском узле и на проявлении Туманное – кальцит и низкомарганцовистый доломит. Арсенопирит на ме-

сторождении Весеннее и проявлении Прямое распространён незначительно, а в жильно-прожилковых зонах Мангазейского узла и в меньшей степени на проявлении Туманное он один из главных рудных минералов. Ещё одним отличием является состав самородного золота. На Весеннем и Прямом присутствует как самородное золото средней пробы, так и электрум, а в рудах Мангазейского узла и проявления Туманное – только электрум. В рудах Мангазейского узла отсутствуют минералы ртути и теллуриды серебра.

Исследование флюидных включений в жильном кварце и сфалерите описываемых объектов показывает различия в физико-химических параметрах минералообразующих растворов. Так, кварц и сфалерит месторождения Весеннее и проявления Прямое кристаллизовались из гомогенных флюидов. Температура гомогенизации и солёность флюида включений в кварце и сфалерите 158–418 и 160–275°C при 0,7–49,5 и 1,2–6,3 мас. %-экв. NaCl, соответственно. Кварц Туманного и Мангазейского узлов кристаллизовался из гетерогенного флюида. Температура гомогенизации и солёность флюида включений 210–340 и 250–440°C при 0,8–5,2 и 1,1–5,7 мас. %-экв. NaCl, соответственно.

Несмотря на выявленные различия, все рассмотренные объекты, безусловно, относятся к плутоногенному классу золото-серебряных месторождений. Они характеризуются значительным объёмом рудной массы и, несмотря на невысокие средние содержания золота и серебра, имеют промышленные перспективы в связи с планируемым освоением крупных медно-порфировых месторождений Западной Чукотки.

Вулканогенная или плутоногенная золото-серебряная минерализация наложенных впадин мезозойд. Наложённые впадины мезозойд в Олойской зоне рассматриваются авторами как наиболее благоприятные структуры на выявление промышленных золото-серебряных месторождений как жильного (бонанцевого), так и большеобъёмного жильно-прожилкового типов, относящихся к вулканогенной формации.

Предпосылками к этому служат открытие и освоение промышленных золото-серебряных месторождений Двойное и Сентябрьское в Тытыльвеевской впадине, сформированной в аптское время в Анюйской складчатой зоне. С этим же вулканическим событием связано формирование крупных наложенных впадин в Олойской зоне – Кричальской и Нембондинской, в которых или уже известны золото-серебряные месторождения, или в последние годы выявлены новые перспективные проявления, заслуживающие более детального изучения.

В Кричальской впадине к таким объектам относятся месторождение Клен, проявления Юность, Икар, Вяз, Ива, в Нембондинской – проявления Тур, Цветочное, Ефимов Ключ, Правое Крыло.

Кричальская впадина (грабен-синклиналь) является наиболее крупной структурой в Тополево-Хетачанской

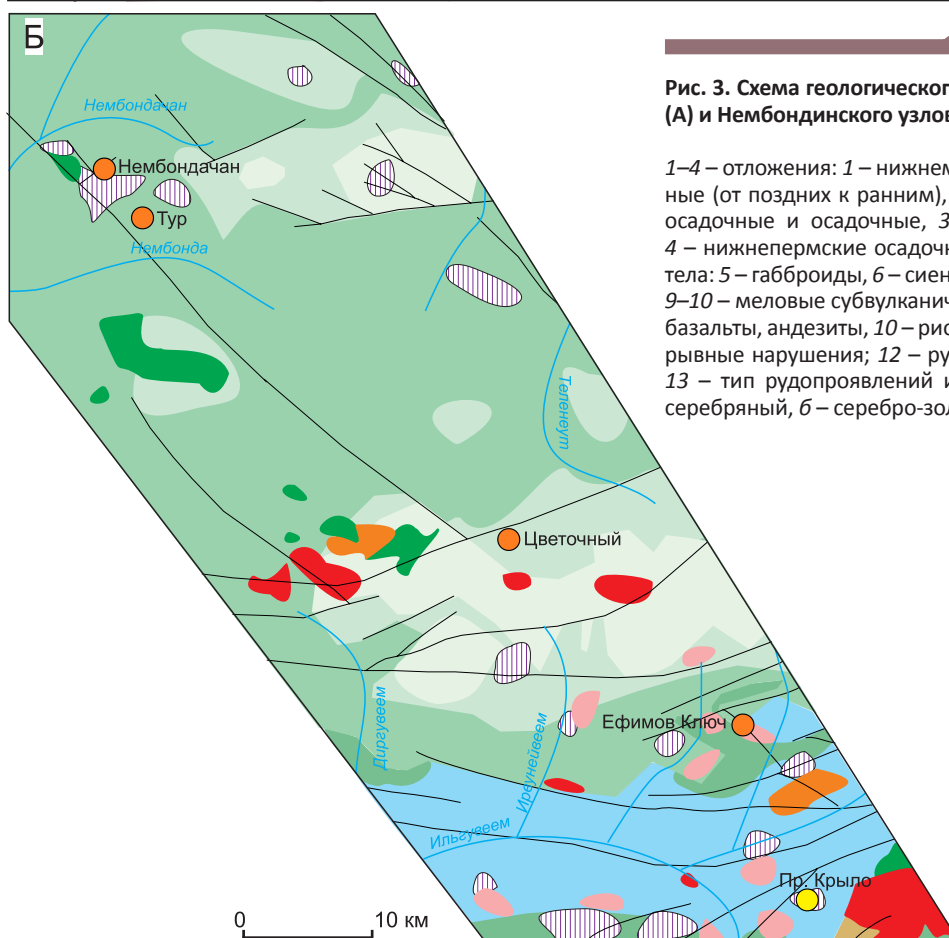
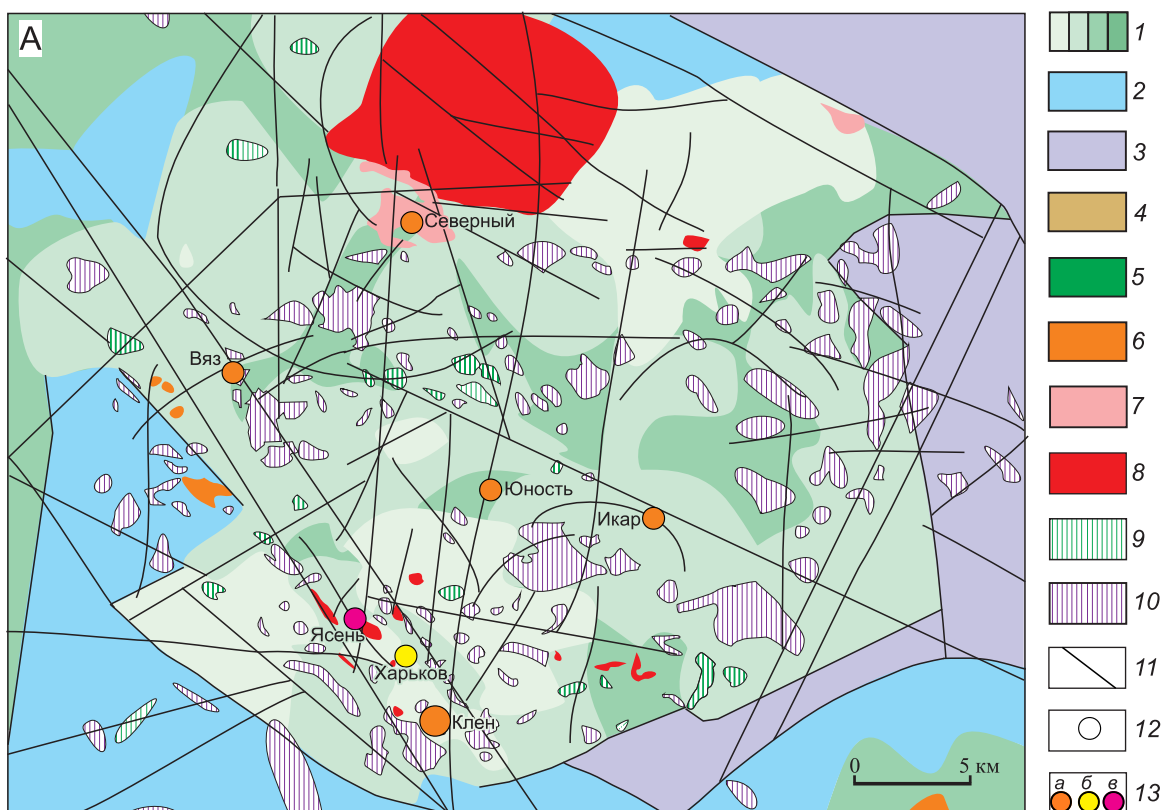


Рис. 3. Схема геологического строения Верхне-Кричалского (А) и Нембондинского узлов (Б):

1–4 – отложения: 1 – нижнемеловые вулканогенные и осадочные (от поздних к ранним), 2 – верхнеюрские вулканогенно-осадочные и осадочные, 3 – верхнетриасовые осадочные, 4 – нижнепермские осадочные; 5–8 – меловые интрузивные тела: 5 – габброиды, 6 – сиениты, 7 – диориты, 8 – гранитоиды; 9–10 – меловые субвулканические тела: 9 – базальты, андезибазальты, андезиты, 10 – риолиты, дациты; 11 – основные разрывные нарушения; 12 – рудопроявления и месторождения; 13 – тип рудопроявлений или месторождений: а – золото-серебряный, б – серебро-золотой, в – молибден-порфировый

подзоне Олойской структурно-формационной зоны. В её геологическом строении (рис. 3, А) принимают участие вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы покровных и субвулканических фаций эльгечанского базальт-андезит-дацит-риолитового, кричальского базальт-риолитового и хетачанского габбро-диорит-гранодиоритового комплексов.

Месторождение Клен локализовано в вулканогенной толще раннемелового эльгечанского базальт-андезит-дацит-риолитового комплекса, которая прорывается субвулканическими телами и дайками того же возраста и состава. Структура рудного поля определяется его приуроченностью к месту пересечения зон трещиноватости северо-восточного и северо-западного направлений, входящих в систему Эоловой зоны разломов.

Рудные тела месторождения – это кварцевые, адуляр-кварцевые и кварц-карбонатные жилы с промышленными содержаниями золота и серебра и серия более мелких жил и зон прожилкования, являющихся апофизами основных рудных тел. Протяжённость основных промышленных жил № 1 и № 2 составляет 1700–1250 м. На глубину жилы прослеживаются до 500–700 м, характеризуются крутым падением (50–80°), но продуктивны только в интервале 0–150 м. Простираются жилы близкое к субширотному (310–350°). Их мощность колеблется в пределах 0,1–10 м (средняя мощность жилы № 1 – 5,1, а жилы № 2 – 1,2 м). Среднее содержание в рудных телах (в г/т): золота – 17,4, серебра – 25,6. Количество сульфидов не превышает 1–2%. Отношение золота к серебру составляет 1:2–1:5.

Широко распространёнными рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит-тетраэдрит, реже встречаются Se-полибазит, акантит, пираргирит, фрейбергит, Ag-Au сплав (пробность 630–800), полибазит. К редким можно отнести гессит, штрмейерит, науманнит, фазы состава $AuAg_5(S,Se)_4$ и Ag-Te-Se. Главным носителем As является теннантит-тетраэдрит. Золото в Ag-Au сплаве содержит небольшую примесь Hg (до 2,7 мас.%) и Bi (до 0,3 мас.%). Носителями Ag, кроме Ag-Au сплава, являются акантит, полибазит, блёклые руды (рис. 4).

В непосредственной близости к месторождению (~1 км к северу) расположено проявление Ясень, пространственно связанное с гранодиорит-порфирами раннемелового хетачанского комплекса. В кварцевых прожилках участка содержатся пирит, молибденит, халькопирит. В жильном кварце выявлены первичные включения высокотемпературных рассолов с температурой гомогенизации 450–540°C и концентрацией солей 30,8–37,0 мас.%-экв. NaCl, что обычно для объектов порфирирового типа. Они ассоциируют с преимущественно газовыми включениями; давление, рассчитанное по этим двум типам включений, 42–85 МПа. Кроме того, выявлены первичные включения с существенно более низкими температурой гомо-

генизации и солёностью заключённых в них флюидов, 300–345°C и 0,9–6,7 мас.%-экв. NaCl, что близко к этим параметрам первичных включений в кварце проявления Туманное.

В пределах Кричальской грабен-синклинали работами последних лет выявлены новые (Ива, Вяз) и разведаны ранее известные проявления (Икар, Юность), связанные с базальт-риолитовым кричальским комплексом, и проявление Северный в эндо- и экзоконтактных зонах Верхне-Кричальского гранитоидного массива.

Горные породы, слагающие площадь проявлений, в основном представлены вулканитами основного и среднего состава – андезитами, базальтами и их туфами. Метасоматиты представлены двумя главными типами: кварц-серицитовые с карбонатом (Икар, Северный) и пропициты, для которых характерны эпидот и хлорит (Ива, Юность).

Руды проявлений вкрапленные, прожилково-вкрапленные и брекчиевые, изредка колломорфные. Главные рудные минералы золото-серебряных проявлений – пирит и арсенопирит, редкими и второстепенными являются халькопирит, галенит, сфалерит, блёклые руды, сульфосоли Pb. На участке Вяз в золотоносных кварцевых брекчиях установлены акантит, аргиродит, петцит и гессит. Золото представлено самородной формой от высокой 836–857 (Вяз) до средней 660–740 (Икар, Юность) пробности. Оно тонкое, его выделения наблюдаются в интерстициях между зёрнами жильных минералов, реже в сростании с блёклыми рудами или теллуридами золота и серебра (Вяз). Жильные минералы – кварц и карбонаты, по-видимому, нескольких генераций.

Содержание золота в рудах колеблется, по данным штучного опробования, от десятых долей г/т до 36 г/т, серебра – от первых г/т до 260 г/т. Отношения Au:Ag=1:1–1:5. По данным бурения выделяются потенциальные рудные тела со средневзвешенными содержаниями золота 2–5 г/т и мощностью 1–15 м.

Полученные данные по минералогии участков Ива, Вяз, Икар и Юность показывают, что в целом формирование руд начинается с образования пирита, за которым следует отложение арсенопирита. Далее кристаллизуются халькопирит, галенит, блёклые руды, сульфосоли свинца и самородное золото.

В отличие от рассмотренных выше объектов Кричальской вулканоструктуры, локализованных в вулканитах кричальского и эльгечанского комплексов, проявление Северный приурочено к эндо- и экзоконтактам гранодиоритового Верхне-Кричальского массива. Руды проявления относятся к малосульфидному жильно-прожилковому типу. Сульфиды образуют мелкую вкрапленность, гнёзда в нерудной массе. Рудные гипогенные минералы представлены самородным золотом, блёклыми рудами, халькопиритом, борнитом, галенитом, пиритом, минералами серебра –

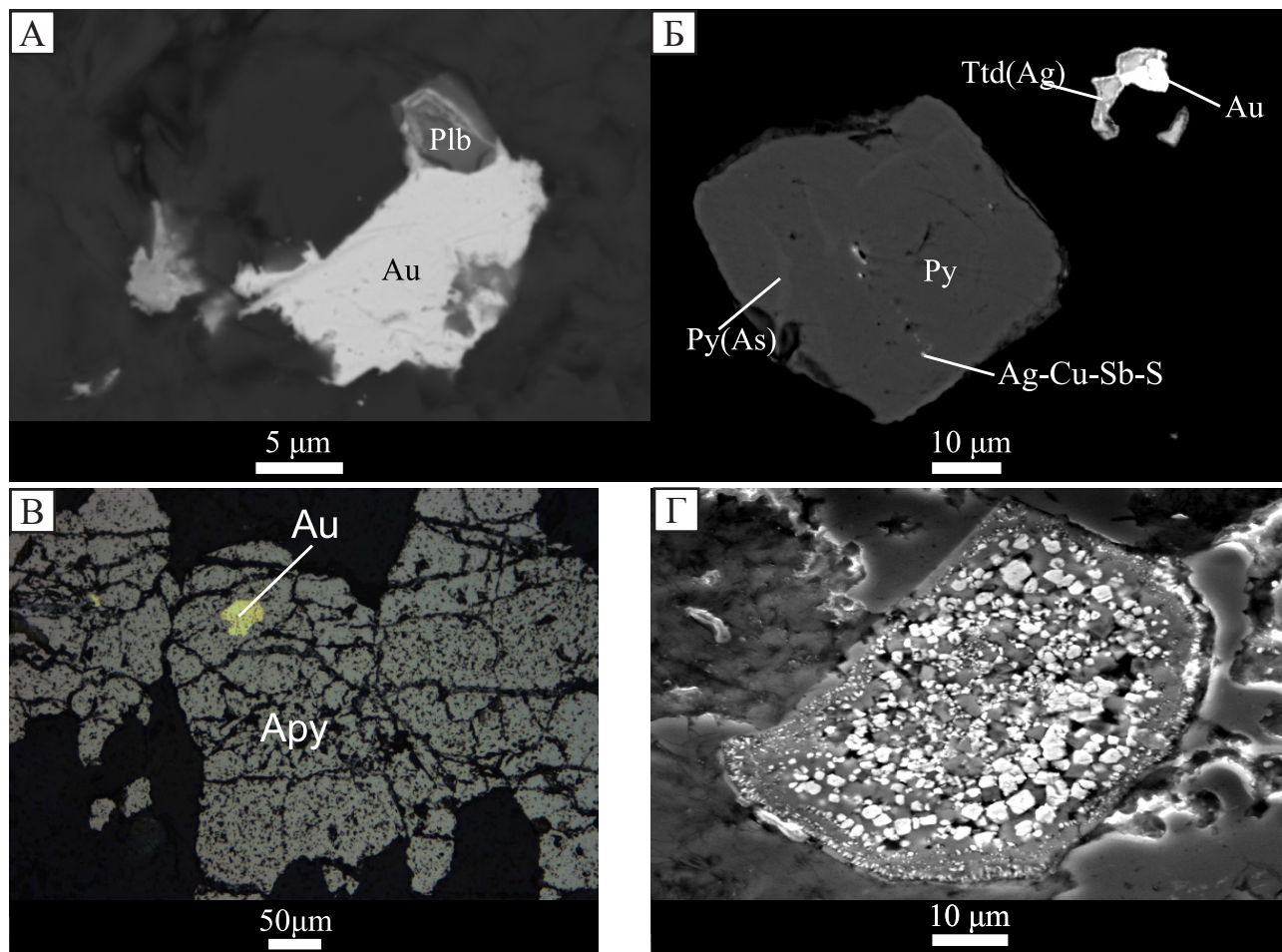


Рис. 4. Минералы благородных металлов проявлений Кричальской впадины:

А – сростание самородного золота и полибазита, месторождение Клен; Б – сростание самородного золота в серебросодержащем тетраэдрите, месторождение Клен; В – росток самородного золота в арсенипирите, проявление Икар; Г – зональное обособление, сложенное самородным золотом, микрокристаллами пирита и акантитом, проявление Вяз; фото: А, Б, Г – в отражённых электронах, В – в отражённом свете; Ару – арсенипирит, Ау – самородное золото, Plb – полибазит, Py – пирит, Py(As) – мышьяк содержащий пирит, Ttd(Ag) – серебросодержащий тетраэдрит

акантитом, пирсеитом и сульфотеллуридом состава Ag_6TeS_2 . Гипергенные минералы – халькозин, оксиды и гидроксиды железа.

Выделения самородного золота присутствуют преимущественно среди нерудных минералов – на контакте разных сред, в интерстициях между зёрнами кварца, редко образует сростания с другими минералами. Пробность золота варьирует от 666 до 767. Наименьшей пробностью характеризуется золото в сростании с блёклой рудой и теллуридом серебра.

Вероятная последовательность минералообразования: пирит → галенит → халькопирит → блёкляя руда (висмутсодержащая блёкляя руда → теннантит → тетраэдрит) → самородное золото + минералы серебра. Минералы серебра кристаллизовались близко одновременно с золотом, возможно, несколько позже золота.

В табл. 1 приведены результаты микрометрических исследований первичных флюидных включений в кварце жил и прожилков золото-серебряных месторождений и проявлений Верхне-Кричальского узла.

Жильный кварц месторождения Клен кристаллизовался в три стадии из гомогенных растворов при снижении температуры от 390° до 170°C , но при небольшом увеличении солёности флюидов от 0,2 до 5,6 мас.%-экв. NaCl. При близких параметрах флюидов откладывался кварц проявления Икар. Растворы, ответственные за формирование этого кварца, были, как и в первых двух случаях, гомогенными. Интервалы температур гомогенизации и солёности в значительной степени перекрываются с аналогичными интервалами для включений в кварце месторождения Клен. Кварц проявления Юность формировался

1. Результаты микротермометрических исследований первичных индивидуальных флюидных включений в кварце золото-серебряных месторождений и рудопоявлений Кричальской грабен-синклинали

Рудопоявление	Генерация кварца	Температура гомогенизации, °С	Концентрация солей, мас. %-экв. NaCl	Плотность, г/см ³	Давление, МПа
Клен	I	310–390	0,2–1,9	0,48–0,69	
	II	260	3,6	0,82	
	III	170–200	1,1–5,6	0,89–0,91	
Икар		230–370	2,2–3,2	0,57–0,85	
Вяз		210–285	0,4–0,5	0,73–0,86	
Юность		125–210	2,4–2,7	0,87–0,96	
Северный*		260–365	0,3–5,5	0,56–0,80	19–29

Примечание. * – включения, захваченные из гетерогенного флюида.

при температуре и солёности флюида, близким к таковым для третьей генерации кварца на месторождении Клен. Особняком стоит проявление Северное, где кварц был образован при участии гетерогенного флюида, параметры которого близки флюидам второго типа первичных в кварце проявления Ясень.

Полученные данные свидетельствуют о том, что минеральный состав руд золото-серебряного месторождения Клен наиболее схож с составом руд крупного месторождения Купол, расположенного в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. Однако, в отличие от него, на месторождении Клен не были обнаружены арсенопирит и антимонит.

Основными особенностями минерального состава руд месторождения Клен от других золото-серебряных объектов Кричальской впадины являются обилие полибазита, в том числе селеносодержащего, наличие пираргирита и отсутствие арсенопирита.

Исходя из результатов исследований, вопрос о рудно-формационной принадлежности золото-серебряных проявлений Кричальской впадины является дискуссионным.

Текстурно-структурные особенности, геологические условия локализации и физико-химические условия рудообразования позволяют с высокой вероятностью отнести проявление Северное к плутогенному золото-серебряному типу (локализовано в экзо- и эндо-контакте гранитоидного интрузива, рудообразование происходило при средних температурах и давлениях из гетерогенного флюида). По этим параметрам месторождение Клен относится к золото-серебряной вулканогенной формации (сходство состава руд с рудами месторождения Купол, низкие температуры рудоотложения из гомогенного флюида, локализация в самой верхней части разреза вулканогенной толщи – в поро-

дах эльгечанского риолит-дацит-андезит-базальтового комплекса). Все остальные проявления Кричальской впадины имеют промежуточные характеристики. Они локализованы в породах кричальского андезит-базальтового комплекса, тяготеют к субвулканическим телам андезитового состава. Но минеральный состав руд и их структурно-текстурные особенности ближе к таковым рудопоявления Северное.

Вулканогенная золото-серебряная минерализация наложенных впадин мезозой. Нембондинская наложенная впадина (прогиб) рассматривается в большинстве геологических построений как ответвление ОЧВП [2, 6], протягивающееся на расстояние в 200 км при ширине 60 км вглубь складчатых структур Олойской зоны. В её разрезе преобладают континентальные вулканогенные образования (лавы и туфы базальтов, андезитов, в подчинённом количестве – дацитов и риолитов), ранее относившиеся к саламихинской, диргуевской свитам и вилковской толще альба [11].

Результаты U-Pb датирования цирконов [5] показали, что значительная часть данной структуры сформирована в доальбское время и включает толщи от позднеюрских (не моложе 148 млн. лет) до аптских (123–119 млн. лет). Для верхних частей разреза Нембондинского прогиба получены изотопные даты, соответствующие сеноманскому веку ($95,8 \pm 0,5$ млн. лет), а для небольших интрузивов воронцовского комплекса, сложенных породами субщелочного ряда, – кампанскому веку ($80,55 \pm 0,96$ млн. лет). Новые данные геохронологии дают основания для исключения значительной части этой структуры из состава ОЧВП и указывают на её полихронное формирование.

Металлогению этой территории следует рассматривать с позиций её разновозрастности с вышеописанными наложенными впадинами Олойской зоны.

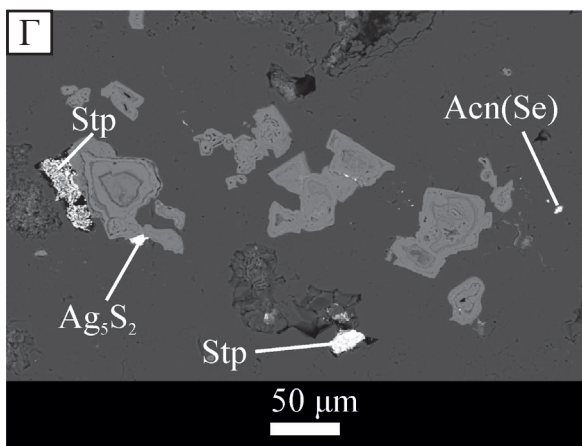
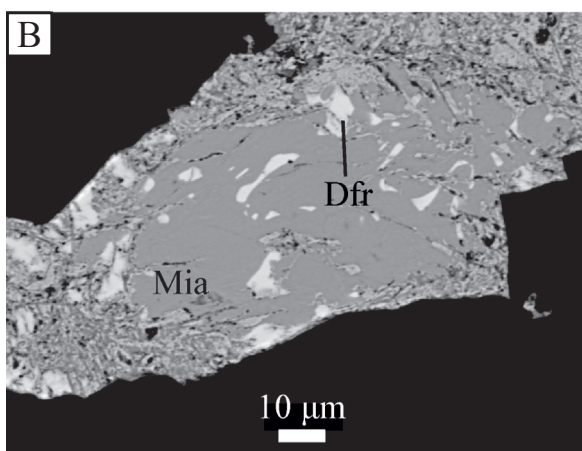
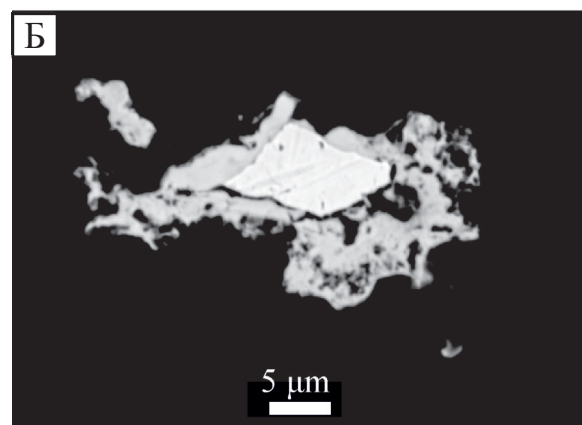
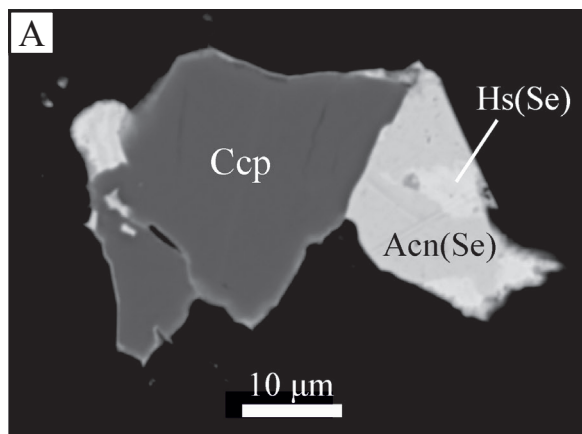


Рис. 5. Минералы благородных металлов проявлений Нембондинской впадины:

А – селенистый акантит, нарастающий на халькопирит и, по всей видимости, замещающий селенсодержащий гессит, проявление Нембондачан; Б – Ag-Au сплав с пробностью 589 обрастает Ag-Au сплавом с пробностью 468, проявление Тур; В – реликты диафорита в миаргирите, проявление Ефимов Ключ; Г – агрегат пирита (превращён в лимонит), стефанита и фазы состава Ag_5S_2 , содержащей Au, также наблюдаются зёрна селенсодержащего акантита, проявление Правое Крыло; фото в отражённых электронах; Acn(Se) – селенсодержащий акантит, Csp – халькопирит, Dfr – диафорит, Hs(Se) – селенсодержащий гессит, Mia – миаргирит, Stp – стефанит

Недавно завершившимися работами на площади Нембондинского прогиба выявлены новые перспективные проявления золото-серебряной минерализации.

На участках Тур и Нембондачан (см. рис. 3, Б) в вулканитах саламихинской свиты развиты кварц-серицитовые, хлорит-серицит-кальцит-кварцевые и калишпат-альбит-кальцит-кварцевые метасоматиты, вмещающие жильные и жильно-прожилковые зоны. Рудные тела – жилы с различной текстурой, структурой и минеральным составом: мелкозернистые хлорит-гематит-кварцевые, мелко-среднезернистые кварцевые с кокардовой или брекчиевой текстурой, мелко-среднезернистые кавернозные кварцевые, мелкозернистые кварцевые с вкрапленностью сульфидов и гнездами карбоната, мелкозернистые с серым кварцем с тонкой вкрапленностью пирита. Кроме того, рудные минералы образуют мелкую вкрапленность и прожилки в метасоматитах.

Наиболее распространённым является умеренно-сульфидный золото-серебро-полиметаллический тип руд с невысокими содержаниями золота (1–19 г/т) и серебра (10–124 г/т) при отношениях Au:Ag=1:10–1:30 и более. Менее распространены (проявление Тур) убогосульфидные руды с содержаниями золота в жилах и прожилках 5–30 и серебра – 5–15 г/т при отношениях Au:Ag=1:1–2:1.

Рудные минералы в жилах и метасоматитах проявления Нембондачан представлены пиритом, гематитом, халькопиритом, иногда с примесью Ni, сфалеритом, галенитом, мелкими выделениями теллуридов Bi и гессита с примесью Se, акантитом (скорее всего гипергенным), единичными зёрнами фазы состава Ag-As-Se-S. В жилах проявления Тур развиты пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, теннантит, мелкие выделения Pb-Sb и Pb-As сульфосолей, редкие борнит и самородное золото (рис. 5). Интересной особенностью борнита является высокое содержание Ag (9–11 мас.%). Самородное золото обнаружено только в убогосульфидных рудах проявления Тур, где оно выполняет интерстиции между зёрнами пирита и трещины в них, образует вставки в пирите. Пробность золота варьирует от 589 до 803. Иногда зёрна самородного золота обрастают Au-Ag сплавом с пробностью 470.

В юго-восточной части Нембондинской впадины выявлены новые перспективные проявления золото-серебряной минерализации в вулканиках диргувеевской (Цветочное), саламихинской (Ефимов Ключ) свит и в верхнеюрских вулканогенно-осадочных отложениях (Правое Крыло). На проявлениях вероятно связь золото-серебряного оруденения с небольшими субвулканическими телами. Потенциальные рудные тела проявлений – кварц-адуляровые и кварц-карбонатные жилы. Руды убогосульфидные.

На проявлении Цветочное в кварц-адуляровых жилах присутствует пирит, мышьяковистый пирит, науманнит. По данным штучного опробования, содержания (в г/т): золота 1–4, серебра 15–1800, селена >200, Au:Ag=1:10–1:400.

На проявлении Ефимов Ключ кварц-адуляровые жилы содержат пирит, марказит, арсенопирит (Sb до 2 мас.%), галенит, акантит, сульфоантимониты Ag (миаргирит) и Ag-Pb (диафорит). В жилах содержания золота 2–11 и серебра 20–100 г/т, Au:Ag=1:2–1:50.

На проявлении Правое Крыло в образцах из мелкозернистых карбонат-кварцевых жил содержания золота 0,7–1,3 и серебра 10–220 г/т, Au:Ag=1:20–1:100. В пробах золото-серебряных руд установлено высокое содержание марганца. Рудные минералы – пирит, галенит, акантит, сульфоантимонит Ag (стефанит), самородное серебро.

В жильном кварце проявлений Нембондинской впадины фиксируются первичные, псевдотворичные и вторичные газовой-жидкие включения с преобладанием жидкости и разной температурой гомогенизации: 1) первичные включения с $T_{\text{гом}}$ 370°–290°С и сингенетичные (?) им газовые включения в цен-

тральных частях кристаллов, 2) первичные газовой-жидкие включения с $T_{\text{гом}}$ 310°–270°С в краевых частях кристаллов кварца, 3) псевдотворичные включения с $T_{\text{гом}}$ 300°–240°С, 4) и вторичные включения с $T_{\text{гом}}$ 220°–130°С.

Высокотемпературные включения ($T_{\text{гом}}$ 370°–290°С) обнаружены в кварце жил и прожилков, содержащих халькопирит и борнит или халькопирит и гематит (проявления Тур и Нембондачан). Можно предположить, что борнит и халькопирит кристаллизовались при участии высокотемпературного раствора. На проявлении Ефимов Ключ в прожилках кварца с такими включениями минералы меди не обнаружены.

Псевдотворичные включения (300°–240°С) обнаружены в этих же образцах кварца проявлений Тур и Нембондачан, и их температуры гомогенизации близки к таковым в краевых частях кристаллов. Образцы также содержат сульфиды полиметаллов и блёклые руды. Нельзя исключить, что эти минералы осаждались из флюидов, захваченных в псевдотворичных включениях. На проявлении Ефимов Ключ псевдотворичные включения гомогенизируют в этом же диапазоне температур, и возможно, что здесь происходит отложение арсенопирита. Самородное золото различной пробыности, сульфиды и сульфосоли серебра, вероятно, кристаллизовались при участии низкотемпературных флюидов, обнаруженных во вторичных включениях.

В таблице 2 приведены результаты микрометрических исследований первичных флюидных включений в кварце жил и прожилков проявлений Нембондинской впадины. В целом температуры гомогенизации и солёность флюидов во включениях близки к таковым для

2. Результаты микрометрических исследований индивидуальных флюидных включений в кварце рудопроявлений Нембондинской впадины

Рудопроявление	Температура гомогенизации, °С	Концентрация солей, мас. %-экв. NaCl	Плотность, г/см ³	Давление, МПа
Тур	270–355П*	0,8–5,3	0,58–0,77	7–16,5
	250–240ПВ	0,5–4,9	0,80–0,84	
	200–220В	0,8–2,1	0,85–0,88	
Нембондачан	320–350П*	0,8–4,9	0,62–0,71	11–16
	230–280ПВ	1,2–4,9	0,77–0,83	
	130–210В	1,8–2,6	0,92–0,95	
Ефимов Ключ	340–365П*	3,0–4,9	0,63–0,67	18
	300–330ПВ	3,1–5,0	0,67–0,76	
	260–270В	4,4–4,7	0,81–0,83	

Примечание. П – первичные; ПВ – псевдотворичные; В – вторичные; * – включения, захваченные из гетерогенного флюида.

кварца Верхне-Кричальского узла. Можно лишь отметить, что ранние минералообразующие флюиды были гетерогенизированы.

Результаты исследований свидетельствуют об отличиях в минеральном и химическом составах руд проявлений Правое Крыло, Ефимов Ключ и Цветочное как от руд других проявлений Нембондинской впадины, так и проявлений в иных впадинах Олойской зоны. Прежде всего, эти отличия проявляются в развитии обильной марганцевой минерализации, низкотемпературных Ag и Pb-Ag сульфосолей (миаргирит, стефанит, диафорит) и науманнита, которые указывают на вулканогенный характер проявлений. В них отсутствует связь с телами интрузивных магматических пород, и велика роль серебряной минерализации.

В заключение следует отметить, что за последние несколько лет получены новые данные, позволяющие заново оценить перспективы Олойской металлогенической зоны на золото-серебряное оруденение. Наиболее продуктивными в этом отношении являются крупнейшие наложенные мезозойские впадины Олойской зоны: Верхне-Кричальская (месторождение Клен и другие) и Нембондинская (недавно завершившимися работами выявлен ряд новых перспективных проявлений).

В пределах Олойской зоны установлены три типа золото-серебряной минерализации: 1) плутоногенный, связанный с порфирово-эпитептермальными системами, 2) вулканогенный, сопряжённый с вулканоструктурами в наложенных впадинах мезозойской, 3) плутоногенный или вулканогенный, также развитый в наложенных впадинах, но демонстрирующий признаки как вулканогенной, так и плутоногенной минерализации.

К первым относятся месторождения и проявления Баимской медно-рудной зоны и Мангазейской впадины. Ко вторым – проявления Нембондинской впадины, для которых намечается тренд увеличения роли серебряной минерализации в юго-восточном направлении. К третьим принадлежат месторождение Клен и эпитептермальные проявления Кричальской впадины.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, грант 19-17-00200.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю. и др.* Золото-молибден-медно-порфирово-эпитептермальная система Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Металлогения древних и современных океанов 2014: мат-лы 20-й науч. молодежной школы. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. – С. 108–112.
2. *Белый В.Ф.* Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. – М.: Наука, 1977. – 190 с.
3. *Кара Т.В.* Новые данные о возрасте магматических комплексов Алазейско-Олойской складчатой системы (Западная Чукотка) // Тихоокеанская геология. – 2018. – Т. 37, № 6. – С. 107–115.
4. *Кара Т.В., Тихомиров П.Л., Демин А.Д.* Новые сведения о возрасте магматических событий в Олойской складчатой зоне, Западная Чукотка (по результатам U-Pb датирования цирконов) // Доклады РАН. Сер. геол. – 2019. – Т. 489, № 2. – С. 161–165.
5. *Комарова Я.С., Костицын Ю.А., Николаев Ю.Н.* Rb-Sr возраст диорит-порфира Аскет из Мангазейского интрузивного комплекса, Центральная Чукотка: тезисы докл. IX Международной школы наук о Земле им. Л.Л.Перчука. – Одесса: ОНУ им. И.И.Мечникова, 2013. – С. 79–83.
6. *Кузнецов В.М.* Разнопорядковые структуры позднемезозойской тектономагматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2006. – № 2. – С. 2–12.
7. *Мигачёв И.Ф., Звездов В.С., Минина О.В.* Научно-методические основы прогноза и поисков медно-порфириновых месторождений и перспективы их обнаружения на территории России // Отечественная геология. – 2016. – № 2. – С. 12–22.
8. *Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю. и др.* Au-Ag минерализация порфирово-эпитептермальных систем Баимской зоны (Западная Чукотка, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2016. – Т. 58, № 4. – С. 319–345.
9. *Николаев Ю.Н., Сидорина Ю.Н., Калько И.А. и др.* Геохимические поля порфирово-эпитептермальных систем, их интерпретация и оценка на основе современных геологических и генетических представлений // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 8. – С. 45–50.
10. *Парфенов Л.М.* Континентальные окраины и островные дуги мезозойской Северо-Востока Азии. – Новосибирск: Наука, 1984. – 192 с.
11. *Решения* третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 267 с.
12. *Тихомиров П.Л., Прокофьев В.Ю., Калько И.А. и др.* Постколлизийный магматизм Западной Чукотки и раннемеловая тектоническая перестройка Северо-Востока Азии // Геотектоника. – 2017. – № 2. – С. 32–54.
13. *Читалин А.Ф., Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А. и др.* Порфирово-эпитептермальные системы Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Смирновский сборник. – М.: Макс-Пресс, 2016. – С. 82–115.
14. *Baksheev I.A., Vlasov E.A., Nikolaev Yu.N. et al.* Mineralogy of the Tumanny Au-Ag-Te-Hg epithermal veins, Western Chukchi Peninsula, Russia // Ore Geology Reviews. – 2018. – Vol. 101. – P. 293–311.
15. *Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H. et al.* Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific // US Geological Survey Professional paper. 2001. – Vol. 1626. – 122 p.

REFERENCES

1. *Baksheev I.A., Nikolaev Yu.N., Prokof'ev V.Yu. et al.* Zoloto-molibden-medno-porfirovo-epitermal'naya sistema Baimskoi rudnoi zony, Zapadnaya Chukotka. Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov 2014: mat-ly 20-i nauch. mol. Shkoly [Gold-molybdenum-copper-porphyry-epithermal system of the Baim ore zone, Western Chukotka. Metallogeny of ancient and modern oceans 2014: materials of the 20th scientific youth school], Miass, IMin UrO RAN Publ., 2014, p. 108–112.
2. *Belyi V.F.* Stratigrafiya i struktury Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenogo poyasa [Stratigraphy and structures of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt], Moscow, Nauka Publ., 1977, 190 p.
3. *Kara T.V.* Novye dannye o vozraste magmaticheskikh kompleksov Alazeisko-Oloiskoi skladchatoi sistemy (Zapadnaya Chukotka). Tikhookeanskaya geologiya [New data on the age of magmatic complexes of the Alazei-Oloi folded system (Western Chukotka). Pacific Geology], 2018, Vol. 37, no. 6, p. 107–115.
4. *Kara T.V., Tikhomirov P.L., Demin A.D.* Novye svedeniya o vozraste magmaticheskikh sobytii v Oloiskoi skladchatoi zone, Zapadnaya Chukotka (po rezul'tatam U-Pb datirovaniya tsirkonov). Doklady RAN. Ser. geol. [New data on the age of magmatic events in the Oloi fold zone, Western Chukotka (based on U-Pb Dating of zircons). Reports of the RAS. Ser. GEOL.], 2019, Vol. 489, no. 2, p. 161–165.
5. *Komarova Ya.S., Kostitsyn Yu.A., Nikolaev Yu.N.* Rb-Sr vozrast diorit-porfira Asket iz Mangazeiskogo intruzivnogo kompleksa, Tsentral'naya Chukotka: tezisy dokl. IX Mezhdunarodnoi shkoly nauk o Zemle im. L.L.Perchuka [Rb-Sr age of diorite-porphyry Ascetic from the mangazei Intrusive complex, Central Chukotka: theses of docl. IX International school of Earth Sciences L.L. Perchuk], Odessa, ONU im. I.I.Mechnikova Publ., 2013, p. 79–83.
6. *Kuznetsov V.M.* Raznoporyadkovyye struktury pozdnemezoziiskoi tektonomagmaticheskoi aktivizatsii v Verkhoyano-Chukotskoi skladchatoi oblasti [Different-order structures of the late Mesozoic tectonomagmatic activation in the verkhoyano-Chukotka folded region], Vestnik SVNTs DVO RAN, 2006, no. 2, p. 2–12.
7. *Migachev I.F., Zvezdov V.S., Minina O.V.* Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza i poiskov medno-porfirovykh mestorozhdenii i perspektivy ikh obnaruzheniya na territorii Rossii [Scientific and methodological bases of forecasting and searching for copper-porphyry deposits and prospects for their discovery in Russia], Otechestvennaya geologiya, 2016, no. 2, p. 12–22.
8. *Nikolaev Yu.N., Baksheev I.A., Prokof'ev V.Yu., et al.* Au-Ag mineralizatsiya porfirovo-epitermal'nykh sistem Baimskoi zony (Zapadnaya Chukotka, Rossiya) [Au-Ag mineralization of porphyry-epithermal systems of the Baim zone (Western Chukotka, Russia)], Geologiya rudnykh mestorozhdenii, 2016, Vol. 58, no. 4, p. 319–345.
9. *Nikolaev Yu.N., Sidorina Yu.N., Kal'ko I.A., et al.* Geokhimicheskie polya porfirovo-epitermal'nykh sistem, ikh interpretatsiya i otsenka na osnove sovremennykh geologicheskikh i geneticheskikh predstavlenii [Geochemical fields of porphyry-epithermal systems, their interpretation and evaluation based on modern geological and genetic concepts], Razvedka i okhrana nedr, Moscow, Nedra Publ., 2013, no. 8, p. 45–50.
10. *Parfenov L.M.* Kontinental'nye okrainy i ostrovnnye dugi mezozoid Severo-Vostoka Azii [Continental margins and island arcs of the Mesozoic of northeast Asia], Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 192 p.
11. *Resheniya Tret'ego Mezhdvdomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po dokembriyu, paleozoyu i mezozoyu Severo-Vostoka Rossii (Sankt-Petersburg, 2002)* [Decisions of the Third Interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Precambrian, Paleozoic and Mesozoic of the North-East of Russia (Saint Petersburg, 2002)], Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2009, 267 p.
12. *Tikhomirov P. L., Prokof'ev V. Yu., Kal'ko I. A., et al.* Postkollizionnyi magmatizm Zapadnoi Chukotki i rannemelovaya tektonicheskaya perestroika Severo-Vostoka Azii [Post-collisional magmatism of Western Chukotka and early Cretaceous tectonic rearrangement of northeast Asia], Geotektonika, 2017, no. 2, p. 32–54.
13. *Chitalin A.F., Nikolaev Yu.N., Baksheev I.A., et al.* Porfirovo-epitermal'nye sistemy Baimskoi rudnoi zony, Zapadnaya Chukotka [Porphyry-epithermal systems of the Baim ore zone, Western Chukotka], Smirnovskii sbornik, Moscow, Maks-Press Publ., 2016, p. 82–115.
14. *Baksheev I. A., Vlasov E. A., Nikolaev Yu. N. et al.* Mineralogy of the Tumanny Au-Ag-Te-Hg epithermal veins, Western Chukchi Peninsula, Russia. Ore Geology Reviews, 2018, Vol. 101, p. 293–311.
15. *Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H. et al.* Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific. US Geological Survey Professional paper, 2001, Vol. 1626, 122 p.