

Верхне-Мяунджинский рудный узел – порфирово-эпитеpмальная система в Центральном сегменте Яно-Колымского орогенного пояса

Аннотация. Изучены Mo-Cu и Au-Ag-Pb-Zn рудопоявления Верхне-Мяунджинского рудного узла, расположенного среди юрских терригенных комплексов Иньяли-Дебинского турбидитового террейна Яно-Колымского орогенного пояса. Mo-Cu рудопоявление Спешное представлено сульфидно-кварцевым штокверком и вмещается порфиroidными кварцевыми сиенитами с U-Pb возрастом 84 млн лет. Au-Ag-Pb-Zn рудопоявление Спящее представляет собой серию карбонатно-кварцевых жил и минерализованных зон в юрских осадочных породах. Геохимический спектр штокверковой минерализации Mo-Au-Ag-Co-Cu-(As, W), жильно-прожилковой Pb-Ag-Sb-Au-As-Zn-Bi. Верхне-Мяунджинский рудный узел Центрального сегмента Яно-Колымского орогенного пояса представляет собой порфирово-эпитеpмальную рудно-магматическую систему, образованную гипабиссальным штоком сиенит-монзонитового состава, сульфидно-кварцевым штокверком с Mo-Cu минерализацией и субэпитеpмальным жильно-прожилковым Au-Ag-Pb-Zn оруденением. Её возраст соответствует возрасту второго этапа формирования Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса.

Ключевые слова: порфирово-эпитеpмальная система, сиениты, штокверк, жила, U-Pb возраст.

ГЛУХОВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, gluhov76@list.ru

КОЛОВА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, kolova@neisri.ru

СОЛОВОВ РУСЛАН ВЛАДИМИРОВИЧ, старший инженер, solovov@neisri.ru

ТАНЧЕНКО МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, старший инженер, tanchenko@neisri.ru

ПОЛЗУНЕНКОВ ГЕННАДИЙ ОЛЕГОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, gennadiy_mag@mail.ru

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

Upper-Myaundzha ore cluster: A porphyry-epithermal system in the Central segment of the Yana-Kolyma orogenic belt

A. N. GLUKHOV, E. E. KOLOVA, R. V. SOLOVOV, M. A. TANCHENKO, G. O. POLZUNENKOV

Federal State Budgetary Institution of Science North-Eastern Complex Research Institute named after N. A. Shilo of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (FSBI SVKNII FEB RAS), Magadan

Annotation. Mo-Cu and Au-Ag-Pb-Zn ore occurrences of the Verkhne-Myaundzhinsky ore cluster were studied, that located among Jurassic terrigenous complexes of the Inyali-Debin turbidite terrane of the Yana-Kolyma orogenic belt. The Speshnoye Mo-Cu ore occurrence is represented by a sulfide-quartz stockwork and is hosted by porphyry-like quartz syenites with an U-Pb age of 84 Ma; the Spyashchee Au-Ag-Pb-Zn ore occurrence represents a series of carbonate-quartz veins and mineralized zones in Jurassic sedimentary rocks. The geochemical spectrum of the stockwork mineralization is Mo-Au-Ag-Co-Cu-(As, W), while that of the vein-veinlet one is Pb-Ag-Sb-Au-As-Zn-Bi. The Verkhne-Myaundzhinsky ore cluster of the Central segment of the Yana-Kolyma orogenic belt represents a porphyry-epithermal ore-magmatic system formed by a hypabyssal stock of syenite-monzonite composition, by a sulfide-quartz stockwork with Mo-Cu mineralization, and by subepithermal vein-veinlet Au-Ag-Pb-Zn mineralization. Its age corresponds to the age of the second stage of formation of the Okhotsk-Chukotka volcano-plutonic belt.

Key words: porphyry-epithermal system, syenite, stockwork, vein, U-Pb age.

Рудоносность Центрального сегмента Яно-Колымского орогенного пояса (ЦКС) систематически изучается на протяжении вот уже более ста лет. За это время открыты, разведаны и отработаны сотни россыпных и рудных месторождений золота, десятки – олова, единицы – кобальта и урана. Такая узкая рудная специализация понятна с позиций современной аккреционной тектоники, связывающей главные рудогенерирующие события в регионе с грандиозными коллизионными событиями, произошедшими на рубеже юрского и мелового периодов. Между тем ЦКС представляет собой достаточно узкий клин, зажатый между

двумя протяжёнными магматическими дугами окраинно-континентальной природы – ранне-поздне-меловым Охотско-Чукотским (ОЧВП) и позднеюрско-раннемеловым Уяндино-Ясачненским (УЯВП) вулканоплутоническими поясами. С гранитоидами обоих этих поясов, а также неподалёку расположенного Олойского вулканоплутонического пояса (ОВП), имеющего близкий УЯВП возраст, связаны многочисленные Cu-Mo-порфировые рудопроявления и два крупных месторождения – Песчанка и Находка (рис. 1). Длительность формирования данных поясов (десятки миллионов лет) и огромные объёмы изверженного материала,

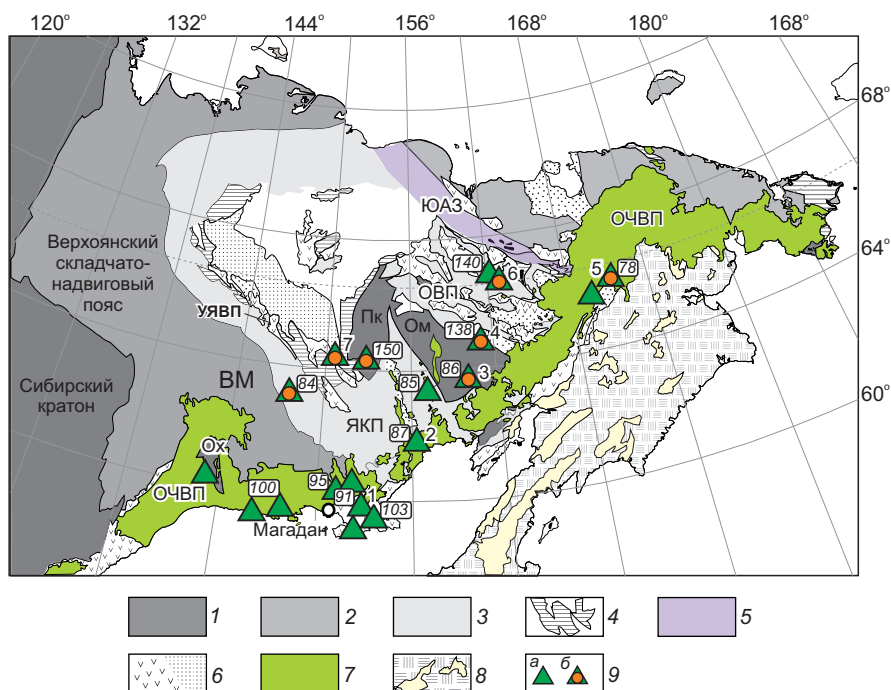


Рис. 1. Размещение медно-порфировых месторождений и рудопроявлений в тектонической структуре Северо-Востока России:

1 – докембрийские кратоны и перикратонные террейны (Ом – Омолонский, Ох – Охотский, Пк – Приколымский); 2 – каменноугольные, пермские и триасовые шельфовые комплексы пассивных окраин Сибирского кратона и Чукотского блока; 3 – триасовые и юрские турбидитовые террейны Яно-Колымского пояса (ЯКП); 4 – палеозойские террейны пассивной континентальной окраины; 5 – террейны океанические и аккреционной призмы (ЮАЗ – Южно-Ануйская зона); 6 – юрско-меловые вулканогенные пояса и осадочные бассейны (УЯВП – Уяндино-Ясачненский, ОВП – Олойский); 7 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП); 8 – Корьякско-Камчатские вулканогенные пояса кайнозойского возраста; 9 – медно-порфировые рудные районы (РР), узлы (РУ) и поля (РП) (а), в том числе сопровождаемые порфиново-эпитермальными системами (б): 1 – Тальниковое РП, 2 – Пиритовое РП, 3 – Конгинский РР, 4 – Медгорский РУ, 5 – Кавраляньянский РУ, 6 – Баимский РР, 7 – Право-Дуксундинский РУ, ВМ – Верхне-Мяунджинский РУ; числа в прямоугольниках – U-Pb возраст рудовмещающих гранитоидов (млн лет), с использованием данных В. В. Аленичевой и др. [2], А. Н. Глухова и др. [3], Е. Е. Коловой и др. [9], Н. В. Шатовой и С. В. Серегина [26], Я. С. Комаровой и др. [11]

только для ОЧВП составляющие более 6 млн км³ [20], подразумевают, что ареалы их магматической и рудообразующей деятельности должны были существенно затрагивать и площадь ЦКС. И действительно, по результатам геологосъёмочных и поисковых работ второй половины прошлого века в тыловой зоне ОЧВП был выделен ряд далеко вдающихся в континент и вытянутых ортогонально по отношению к поясу магматических зон, сложенных вулканоплутоническими ассоциациями мелового возраста. В литературе они получили наименование «зон тектономагматической активизации» (ТМА) [14, 23]. Тектонически и металлогенически данные зоны разнородны, среди них есть апофизы ОЧВП с аналогичным набором магматических комплексов, Au-Ag, Ag-Pb-Zn и Cu-Mo минерализацией (Конгинская, Коркодон-Няханская), рифтогенные структуры с Sn, Ag-Pb-Zn, REE оруденением (Омсукчанская, Хурчан-Оротуканская), фрагменты надсубдукционных магматических дуг с Cu-Mo и Au-Ag специализацией (Березовская). Вглубь мезозой все эти зоны проникают на расстояние до 300 км от осевой части ОЧВП.

Нами в 2022 г. были изучены Au-Ag-Pb-Zn рудопроявление Спящее и Mo-Cu Спешное, расположенные в среднем течении р. Мянунджа, в 30 км к северо-западу от г. Сусумана, и объединённые в составе Верхне-Мянунджинского рудного узла (В.И. Шалупенко, 1989, см. рис. 1). Они были выявлены и опробованы в 1946 г. Г.А. Зайцевым (Спящее) и 1959 г. В.В. Кудиным (Спешное). На всех картах полезных ископаемых Северо-Востока Азии данные рудопроявления резко выделяются на фоне множества месторождений и рудопроявлений золота, чем и привлекли наше внимание. В ходе работ нами были осмотрены поверхности рудопроявлений, изучены ранее пройденные здесь каналы, отобраны штучные пробы и образцы для минералого-петрографических исследований. Предварительные результаты изучения данного интересного объекта впервые изложены в настоящей статье.

Методика исследований. Минералогический анализ выполнен классическим способом при помощи оптического микроскопа AXIOPLAN ZEISS, оснащённого видеоокулярном, и программного комплекса PETRO [19]. Составы минеральных фаз определяли с помощью рентгеновского электронно-зондового микроанализатора Camebax с приставкой INCA (г. Магадан, ЦКП СВКНИИ ДВО РАН,

аналитик О.Т. Соцкая). Определение главных петрогенных элементов в горных породах выполнено в ЦКП СВКНИИ ДВО РАН по методике НСАМ 313-РС рентгеноспектральным флуоресцентным методом анализа (СРМ-25). Обработка петро- и геохимических данных и построение классификационных диаграмм производились посредством свободно распространяемого программного пакета GCDkit. Содержания рудных элементов определялись методом ICP-OES в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей» (г. Москва) на спектрометре с ионизацией в индуктивно-связанной плазме Agilent 5800 ICP-OES; Au – методом пробирного анализа с ICP-OES окончанием в той же лаборатории. Пределы обнаружения для Ag составили 0,1–0,5 ppm, Mo – 0,01–0,05 ppm, Au – 1 ppb. Циркон из пород выделялся посредством стандартных процедур: дробление – промывка в воде до серого шлиха – магнитная сепарация – разделение в тяжёлых жидкостях – отбор зёрен циркона под биноклем NICON SMZ660. Положение точек анализа определялось при помощи катодолюминесцентных изображений зёрен. U-Pb датирование цирконов выполнено на ионном микрозонде SHRIMP-II (вторично-ионная масс-спектрометрия с высоким пространственным разрешением) в ЦИИ ВСЕГЕИ с использованием стандартных процедур [38].

Геологическое строение Верхне-Мянунджинского рудного узла. Верхне-Мянунджинский рудный узел (рис. 1) приурочен к небольшому интрузивному массиву, выходящему на поверхность в виде трёх изометричных тел, площадью около 0,1 км² каждое, сложенных породами биликанского [27] или хуламринского [16] монцонит-сиенитового интрузивного комплекса. Породы комплекса слагают линейный ареал мелких гипабиссальных интрузий, протягивающийся в северо-западном направлении более чем на 200 км от верховьев р. Сусуман в бассейн р. Артык [16]. Мы выделяем его как Биликано-Хуламринскую магматическую зону (БХМЗ). Преобладают гипабиссальные интрузии монцонитов и сиенитов. Их возраст, определённый Ar-Ar (по биотиту) и U-Pb (по циркону), находится в диапазоне 83,0–86,0 млн лет [16, 27]. Интрузии БХМЗ пространственно тесно ассоциируют с угленосными вулканогенно-осадочными молассовыми отложениями аркагалинской свиты позднемелового возраста [27], образуя с ними единый литогеодинамический комплекс. Он формировался, по-видимому, в обстановке

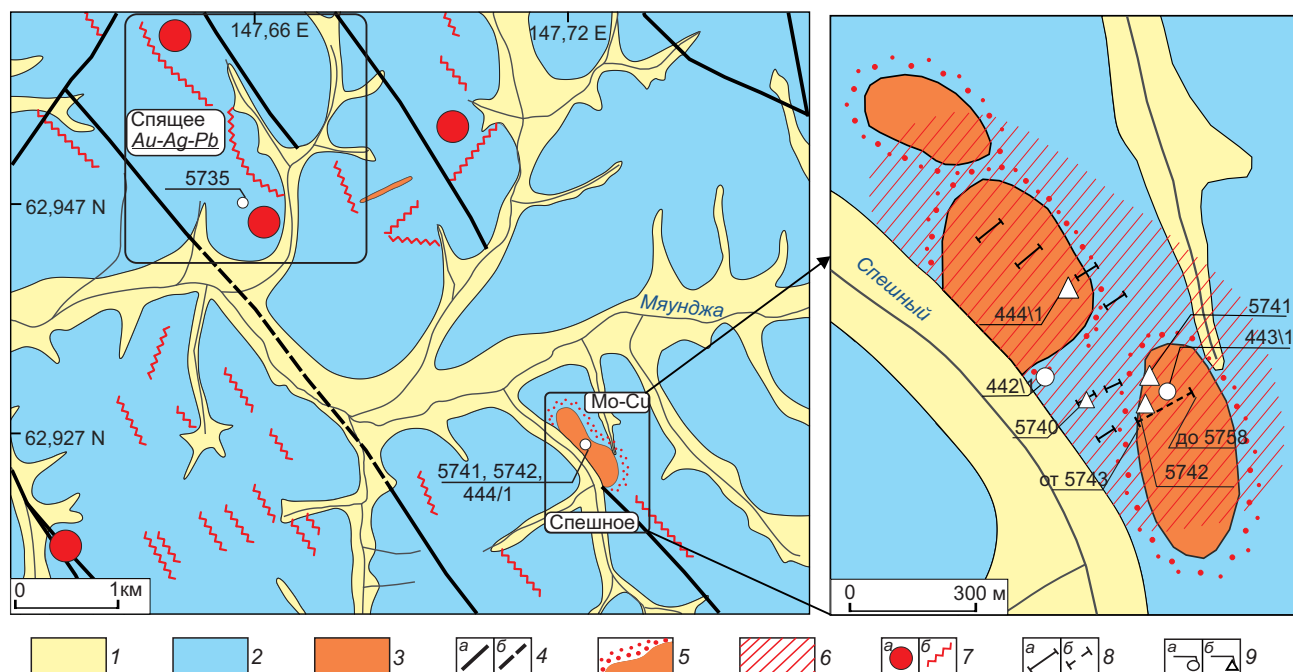


Рис. 2. Схема геологического строения Верхне-Мяунджинского рудного узла:

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – юрские алевролиты, песчаники, аргиллиты; 3 – кварцевые сиенит-порфиры; 4 – разломы достоверные (а), предполагаемые (б); 5 – роговики; 6 – рудоносный штокверк; 7 – рудопроявления золота (а), кварцевые и карбонат-кварцевые жилы (б); 8 – каналы (а), сколковые профили (б); 9 – пробы (а), образцы (б)

«транстенсионного рифтинга» [12] – сдвигового растяжения, связанного с трансформным режимом континентальной окраины Северо-Востока Азии в конце мезозоя.

Верхне-Мяунджинский рудный узел включает Мо-Сu порфировое рудопроявление Спешное и Au-Ag-Pb Спящее. Его очертания определяются расположением рудоносных интрузий биликанского комплекса и разломами северо-западной ориентировки. Рудопроявление Спешное вмещается порфировидными кварцевыми сиенитами, монцодиоритами и прорываемыми ими ороговикуванными юрскими алевролитами (рис. 2). Изверженные породы – крупнопорфировые (рис. 3, А, В и рис. 4, И); фенокристаллы представлены плагиоклазом, фельдшпатоидами, роговой обманкой и биотитом (см. рис. 4, И). Характерной их особенностью является расположение выделений магнетита, которые образуют каймы вокруг зёрен роговой обманки или биотита (см. рис. 4, Ж, К). Химический состав породы (мас.%, в пересчёте на сухой остаток): SiO_2 – 58,27, TiO_2 – 0,78, Al_2O_3 –

17,12, Fe_2O_3 – 6,92, MnO – 0,16, MgO – 3,47, Na_2O – 4,69, K_2O – 3,14, P_2O_5 – 0,38. По химическому и минеральному составу рудовмещающие породы соответствуют умеренно-щелочным гранитоидам I-типа. Их возраст, определённый U-Pb методом по циркону (SIMS), составил 84 млн лет (рис. 5).

Оруденение представлено сульфидно-кварцевым штокверком, пронизывающим как интрузивные породы, так и алевролиты (см. рис. 3, А–В). Он прослеживается в северо-западном направлении на 600 м при ширине 300 м. По вертикали в рельефе штокверк вскрыт на 100 м. Интенсивность прожилкования – 10–15%, плотность – до 20 прожилков на один м (см. рис. 3, Г–Е). Интрузивные породы в пределах штокверка сильно серицитизированы.

В штучных пробах максимальное содержание золота составило 0,51 г/т, серебра – 4,27 г/т, молибдена – 0,15%, меди – 0,09%, Рb – 0,04% (табл. 1). По результатам пунктирно-бороздowego опробования магистральной каналы, вскрывающей штокверк вкрест простирания на 200 м,

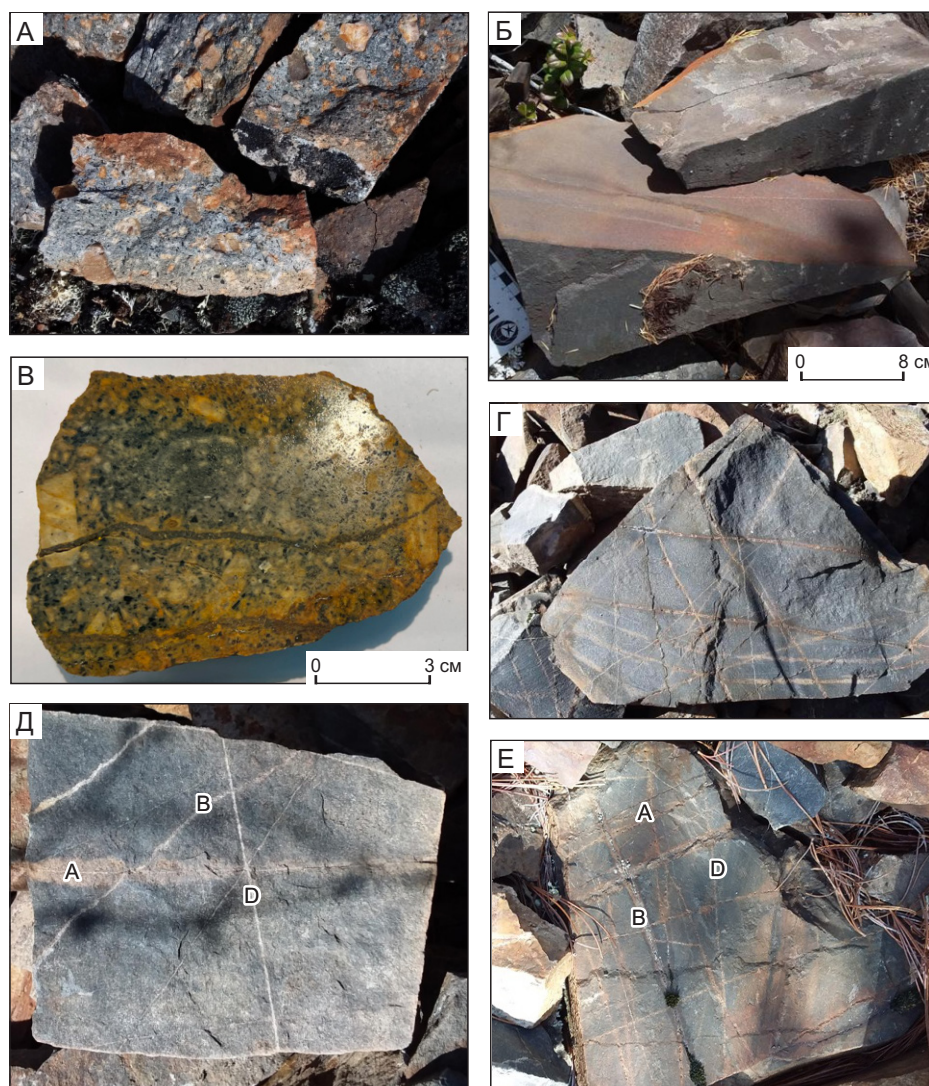


Рис. 3. Текстуры минерализованных образований и вмещающих пород рудопроявления Спешное:

А – порфиридные монзониты, Б – ороговикованные алевролиты, В – штокверк с молибденитом и халькопиритом в порфиридных монзонитах, Г–Е – в алевролитах, Д–Е – типы прожилков, по [31]

выделяются два интервала. Первый – мощностью 20 м, со средними содержаниями золота 0,1 г/т, серебра – 0,7 г/т, молибдена – 0,015%; в пробе с максимальным содержанием молибдена зафиксирована также относительно высокая концентрация рения (1,39 г/т). Второй – мощностью 40 м, со средними содержаниями золота 0,07 г/т, серебра – 1,3 г/т, меди – 0,014%, молибдена – 0,010%. Геохимический спектр минерализации Мо (157)-Au (16)-Ag (10)-Co (9)-Cu, As, W (3). В бороздовых пробах из канав предшественников содержа-

ния Мо составляют 0,01–0,3%, в среднем 0,08% (В.И. Шалупенко, 1989). Кроме Мо, в пробах отмечены Au (до 0,27–2,1 г/т) и Cu (до 0,015%). Штокверк сопровождается комплексным вторичным ореолом рассеяния Cu-Mo-Pb-Au-Ag-As-W-Bi состава.

В составе штокверка выделяются характерные для медно-молибден-порфиридных месторождений текстурно-вещественные разновидности (типы) прожилков А, В, D [31] (см. рис. 3, Д, Е). Прожилки типа А характеризуются неровными

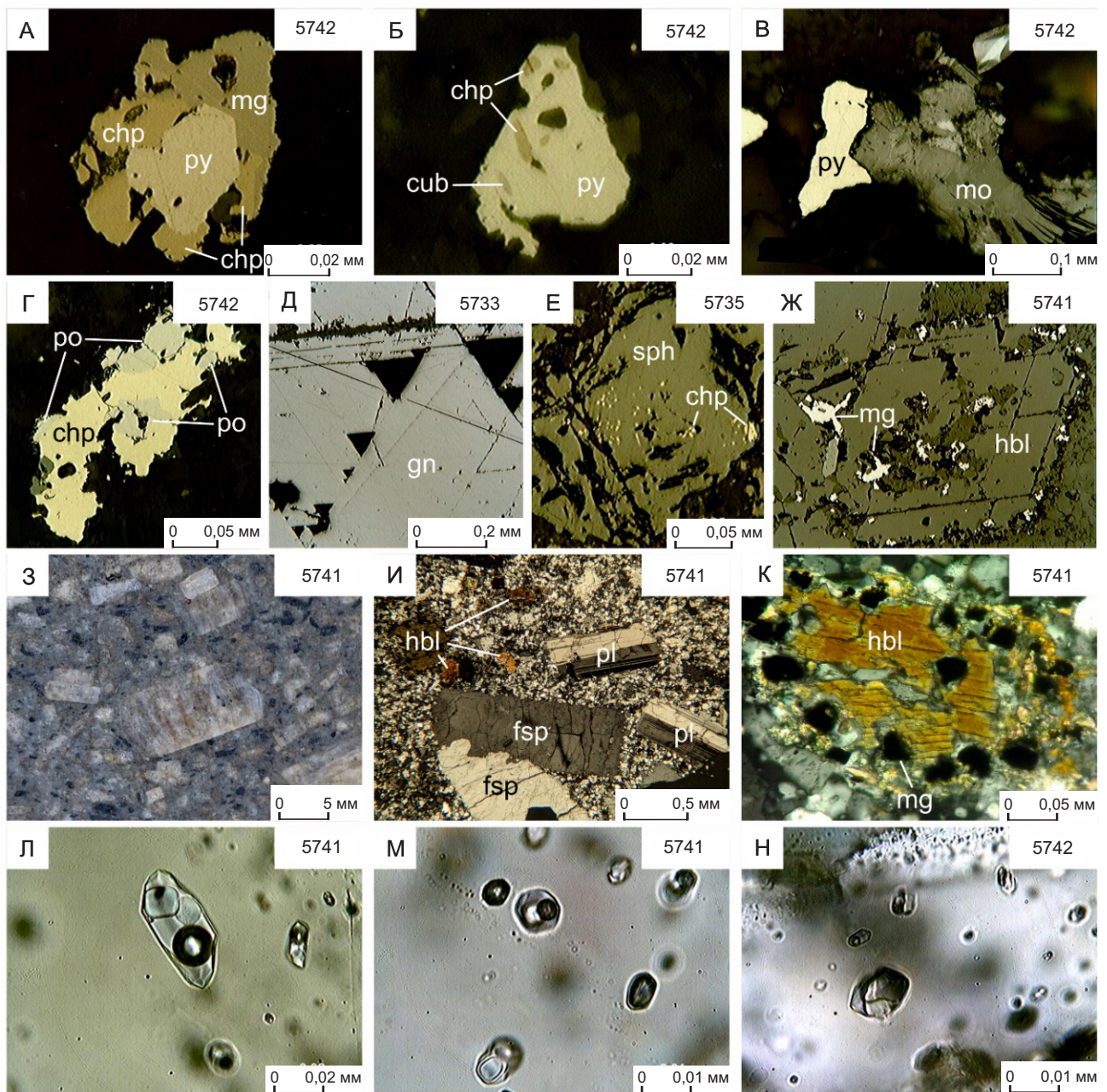


Рис. 4. Минералого-петрографическая характеристика руд и вмещающих горных пород рудопроявлений Спешное (А–Г, Л–С) и Спящее (Г–К):

А–Л – минеральные ассоциации: А – пирит с халькопиритом и магнетитом, Б – вкрапленность халькопирита и кубанита в пирите, В – пирит с молибденитом, Г – халькопирит с пирротином, Д – галенит, Е – вкрапленность и каймы галенита в арсенопирите, Ж – магнетита в роговой обманке, З, И – порфировая текстура порфировидных кварцевых сиенитов, К – расположение магнетита вокруг выделений амфибола, Л–Н – флюидные включения в кварце штокверка, Л, М – газовой-жидкие с дочерними фазами, Н – углекислотно-водные и газовой-жидкие; chp – халькопирит; po – пирротин; py – пирит; mo – молибденит; gn – галенит; ars – арсенопирит; sph – сфалерит; hbl – амфибол; fsp – К-полевой шпат; pl – плагиоклаз; mg – магнетит

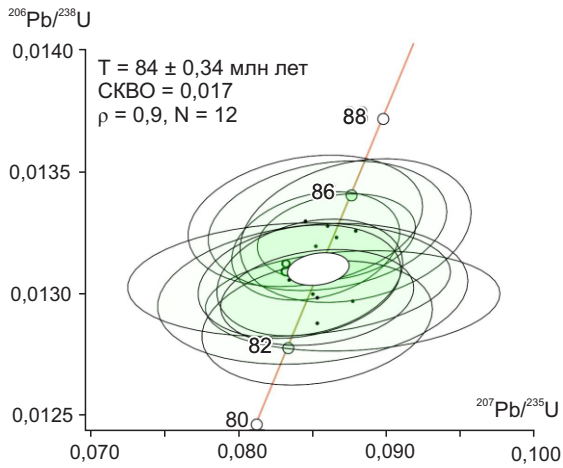


Рис. 5. Результаты U-Pb датирования циркона из кварцевых сиенит-порфиров рудопоявления Спешное:

диаграмма Аренса–Везерилла с конкордией; эллипсы – изотопные отношения в индивидуальных кристаллах циркона, с учётом погрешности; цветная область – плотность распределения точек с учётом погрешности измерений 2σ ; T – средневзвешенный конкордантный возраст в млн лет; СКВО – среднеквадратичное взвешенное отклонение; ρ – вероятность

очертаниями, иногда расплывчатыми контактами, мощностью до 1 см, и вкрапленной сульфидной минерализацией. Прожилки типа В прямолинейной морфологии, с чёткими контактами, мощностью до 0,5 см; минерализация представлена преимущественно молибденитом, развитым вдоль зальбандов. Прожилки типа D имеют мощность 1–2 мм, прямолинейные очертания, ровные контакты, секут прожилки типа А и В, убогая сульфидная минерализация в них имеет вкрапленный характер.

Прожилки всех типов сложены главным образом кварцем с разным количеством рудных минералов, которые представлены магнетитом, пиритом, халькопиритом, молибденитом, в меньшей степени – кубанитом, пирротинном, сфалеритом, борнитом (см. рис. 4). Магнетит тесно ассоциирует с пиритом и халькопиритом (см. рис. 4, А). Халькопирит, кубанит и пирротин выполняют вкрапленность в пирите (см. рис. 4, Б, Г), нередко халькопирит обрастает пиритом (см. рис. 4, А). Молибденит чаще всего образует мономинеральную вкрапленность, редко в ассоциации с халькопиритом или пиритом (см. рис. 4, В). В северной части

Табл. 1. Содержания некоторых рудных элементов в жилах и штокверке Верхне-Мяунджинского рудного узла, по результатам анализа ICP-OES, г/т

Пробы	Au	Ag	Cu	Mo	Pb	Zn	As	Bi	Sb	W
Спешное										
225740	0,05	0,1	6,2	98,7	19,6	12,9	10,2	0,2	<0,2	1,9
225741	0,09	0,3	28,6	134,5	10,8	57,8	3,4	<0,2	<0,2	1,8
225742	0,08	0,2	31,0	1536,1	14,6	43,7	5,3	0,2	<0,2	2,5
225743	0,08	0,2	54,9	283,9	12,3	60,0	8,9	0,2	<0,2	6,4
225744	0,08	0,2	37,3	112,7	8,4	48,8	5,0	0,2	<0,2	3,6
225745	0,14	2,2	41,0	70,1	25,0	50,0	15,1	0,3	6,0	2,4
225750	0,51	2,6	944,2	47,1	409,8	165,0	162,6	33,2	83,0	97,2
225752	0,01	0,3	27,4	116,9	0,0	56,2	2,0	<0,2	<0,2	2,3
225753	0,03	4,3	23,5	125,8	12,3	69,2	2,1	<0,2	<0,2	4,8
225757	0,00	0,2	18,0	251,1	<0,2	52,8	1,3	2,0	<0,2	1,6
225758	0,00	1,2	16,8	81,3	8,3	45,4	5,9	0,4	11,0	4,4
225759	0,02	0,8	132,5	18,6	115,2	159,0	19,9	1,7	8,2	27,0
Спящее										
225733	0,31	156,1	22,6	1,7	53 996,4	205,6	3197,0	2,0	157,7	2,3
226734	0,92	58,9	61,7	0,7	30 076,9	676,1	27 983,5	2,6	824,9	6,8
225735	0,76	17,9	63,3	2,7	4554,3	2959,2	11 345,3	8,5	117,8	6,7
225736	0,86	36,1	21,6	1,2	16 843,4	430,6	30 138,6	0,9	65,7	8,8

рудопроявления встречаются кварц-сульфидные жилы мощностью до 0,4 м, содержащие агрегаты молибденита размером до 1–2 см. Руды слабо окислены (рис. 6, Д, Е), помимо лимонита, спорадически встречаются гипергенные минералы меди и молибдена.

В кварце прожилков установлено наличие множества флюидных включений, содержащих твердые дочерние фазы в виде прозрачных кубиков (см. рис. 4, П–С), предположительно галит, в некоторых имеются мелкие зёрна рудных минералов, сингенетичные им флюидные включения

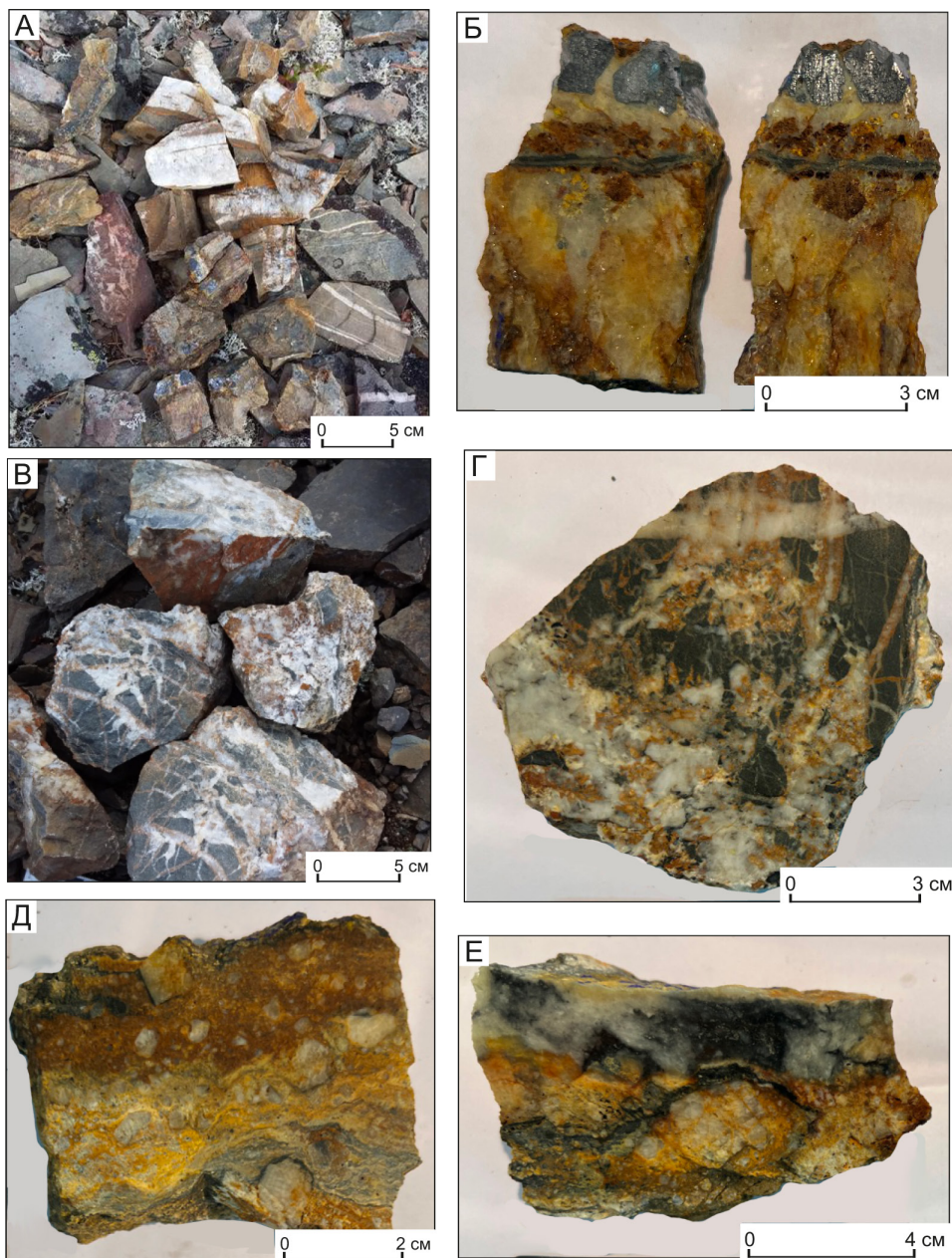


Рис. 6. Текстуры рудопроявления Спящее:

А – сетчатое кварц-сульфидное прожилкование; Б – массивное гнездо галенита в кварцевом прожилке; В–Г – минерализованные брекчиевые зоны дробления; Д–Е – окисленные руды, кварц-лимонитовые брекчиевые

с малоплотным газом, предположительно CO². Такие типы флюидных включений характерны для кварца медно-молибден-порфировых штоков [37] и указывают на высокие концентрации солей в рудообразующих растворах.

Рудопроявление Спящее расположено в трёх километрах к северо-западу и локализовано в ороговикованных алевролитах и алевропесчаниках среднеюрского возраста. Оно контролируется зоной разлома северо-западного простирания и представлено несколькими минерализованными зонами дробления и сетчатого кварцевого прожилкования, которые прослеживаются по простиранию более чем на один километр. Протяжённость отдельных рудных тел составляет 100–200 м, мощность – 0,04–1 м; по вертикали оруденение вскрыто в рельефе на глубину не менее 200 м.

В отобранных нами пробах максимальное содержание золота составляет 0,92 г/т, серебра 156 г/т, свинца 5,4%, цинка 0,30%, меди 0,21% (см. табл. 1). Повышенные концентрации образуют также As (3,0%), Sb (0,08%). Геохимический спектр минерализации Pb (1566)-Ag (412)-Sb (148)-Au (109)-As (19)-Zn (16)-Bi (10). По данным предшественников (В. И. Шалупенко, 1989), содержания составляют: Pb – 1,3–27,0% и 3,1–27,0%, Zn – 0,3–7,5%, Ag – 69,2–3432 г/т, Au – 0,6–14,4 г/т, Cu – 0,1–0,4%, Sb – 0,1–5,1%.

Интенсивность прожилкования от 1 до 20%; отдельные прожилки имеют мощность до 2 см, параллельно-шестоватую, реже массивную и брекчиевую текстуры (см. рис. 6, А), сложены белым, сероватым, средне- и крупнокристаллическим кварцем. Минерализованные зоны дробления представляют собой катаклазиты осадочных пород, сцементированные кварц-сульфидно-серпичитовым материалом (см. рис. 6, В, Г), их мощность не превышает 0,5 м. Редко встречаются кварцевые жилы мощностью до 0,2 м. Рудные минералы представлены галенитом, арсенопиритом, пиритом, сфалеритом, блёклой рудой, халькопиритом, пираргиритом, пруститом, вольфрамитом, молибденитом, самородным золотом; в зоне окисления развиты ковеллин, церуссит, скородит. Галенит образует вкрапленность в арсенопирите и каймы вокруг него (см. рис. 4, Е–И); в его составе установлены примеси (вес. %): Fe – до 12,3, Ag – до 2,43, Bi – до 4,22 (табл. 2). Атомные концентрации As в арсенопирите варьируют от 28,6 до 30,49%, что является показателем

Табл. 2. Результаты микрорентгеноспектрального анализа минералов в обр. 5735 (рудопроявление Спящее)

Название спектра	S	Fe	As	Ag	Pb	Bi	Сумма
Галенит							
Спектр 189	13,39			2,22	78,83	4,22	98,66
Спектр 190	12,91			2,43	80,83	3,82	100,00
Спектр 191	13,82			1,93	83,29	0,96	100,00
Спектр 192	13,96			1,85	80,57	2,79	99,17
Спектр 193	13,40			2,02	81,70	3,10	100,22
Спектр 194	13,49			1,95	80,76	5,33	101,53
Спектр 195	14,02			2,00	80,97	3,70	100,69
Спектр 196	12,84			2,01	81,58	3,00	99,43
Спектр 206	12,71	0,72			86,57		100,00
Спектр 207	13,50	0,56			85,93		100,00
Спектр 208	12,88	0,52			86,60		100,00
Спектр 209	12,86				85,25		98,11
Спектр 211	12,89	0,58			86,53		100,00
Спектр 212	12,75	0,43			86,82		100,00
Спектр 216	14,19	0,63			84,57	0,62	100,00
Спектр 218	13,30				85,65		98,95
Спектр 223	12,58				86,35		98,93
Спектр 226	12,52	0,64			86,85		100,00
Спектр 227	13,03				86,97		100,00
Спектр 228	12,53				86,65	0,83	100,00
Спектр 229	13,42	1,23			85,35		100,00
Арсенопирит							
Спектр 184	22,87	35,98	40,62				99,47
Спектр 185	22,71	36,41	42,65				101,77
Спектр 186	22,21	35,60	42,36				100,17
Спектр 200	21,91	35,72	42,46				100,09
Спектр 201	22,59	35,92	42,27				100,78
Спектр 202	22,80	36,11	40,75				99,66
Спектр 203	22,13	35,52	42,12				99,77
Спектр 204	22,98	35,85	41,70				100,53
Спектр 205	22,49	35,56	41,90				99,95

окислительной обстановки и высокой активности серы [21], характерной для серебро-полиметаллических и молибден-порфировых рудопроявлений региона.

Общая сульфидность руд варьирует от 1–2 % в прожилках, до 15–20 % в минерализованных зонах. В прожилках минерализация практически всегда приурочена к зальбандам, образуя сегрегации мощностью до 0,1 см; в минерализованных зонах встречаются массивные, сливные агрегаты до 2 см, сложенные преимущественно галенитом (см. рисунки 4, Г и 6, А, Б). Халькопирит выполняет тонкую структурированную вкрапленность в сфалерите (см. рис. 4, Е). Руды сильно окислены, повсеместно распространён лимонит, ярозит, фрагменты плёнки гидроксидов марганца, скородит, медная зелень (см. рис. 6, Д, Е).

Обсуждение. Закономерная пространственная совмещённость гипабиссальных гранитоидов I-типа, штокверкового Мо-Си и жильно-прожилкового Au-Ag-Pb-Zn оруденения в единой геологической структуре даёт основания отнести Верхне-Мяунджинский рудный узел к порфирово-эпитеpмальным системам [8]. Следует отметить, что мы относим Спешное, как и Мо-Си порфировые рудопроявления Конгинской зоны ОЧВП [3], именно к медно-молибден-порфировой формации, а не молибден-порфировой («тип Клаймакс», [33]), несмотря на относительно низкие значения Cu/Mo в рудах. В пользу этого свидетельствуют монцит-сиенитовый (а не лейкогранитовый) состав связанных с оруденением гранитоидов, относящихся к I-типу (а не S- и A- как для собственно молибден-порфировых), и ассоциация с Au-Ag и Pb-Zn (а не W-Sn) минерализацией. Определённый нами возраст кварцевых сиенит-порфиров, вмещающих рудопроявление Спешное (84 млн лет), близок ранее полученным датировкам интрузий БХМЗ (83,0–86,0 млн лет) [16, 27]. Он соответствует возрасту «второго импульса» формирования ОЧВП [1]. Специфический шонит-латитовый состав этих интрузий (рис. 7), близкий щелочным салическим интрузиям алданского комплекса [13, 15], может объясняться значительным удалением их от палеозоны субдукции. Сопоставление индикаторных петрогеохимических показателей медно-порфировых рудопроявлений ОЧВП (табл. 3) показывает закономерное, по мере удаления от осевой части пояса, увеличение в их гранитоидах общей щёлочности и калиевости, а в рудах – снижения Cu/Mo.

Медно-порфировые рудопроявления существенно молибденового состава в ассоциации с гранитоидами латитового состава [4] широко распространены в пределах Конгинской зоны ОЧВП, где пояс накладывается на докембрийские структуры Омолонского террейна [3]. Как известно, для образования калиевых монцитонитовых магм необходима ассимиляция мантийными магмами значительных объёмов сиалического корового субстрата [24, 30]. Низкие значения Cu/Mo, характерные как для Спешного, так и Мо-Си-порфировых объектов Омолонского массива могут отражать, помимо удаления от палеозоны субдукции, влияние сиалических (гнейсовых и песчано-сланцевых) комплексов фундамента, а также формирование рудоносных магм при плавлении нижних горизонтов земной коры [30], а не непосредственно глубоко (более 1000 км, [35]) погружённого слэба и метасоматизированной верхней мантии [25], как в случае существенно медных и золото-медных руд [36]. Этой же причиной объясняются отличия состава порфировой и эпитеpмальной минерализации Верхне-Мяунджинского узла (существенно молибден-серебро-полиметаллического) от Центрально-Алданского района (существенно золото-медного), при значительном сходстве состава интрузий. Близки по составу интрузиям БХМЗ также монцитонитовые егдыкычского комплекса ОВП [6], с которыми связаны крупные медно-порфировые месторождения Песчанка, Находка и эпитеpмальное Au-Ag Весеннее (см. рис. 7 и табл. 3).

В 120 км к северо-западу от Верхне-Мяунджинского узла известно Au-Ag-Pb рудопроявление Наледное, локализованное в экзоконтактовой зоне штока монцитонитов биликанского интрузивного комплекса с U-Pb возрастом 84 млн лет [16]. Оно представлено минерализованной зоной дробления с кварц-карбонат-сульфидным цементом, протяжённостью более 5 км и мощностью до 50 м. Мощность отдельных рудных тел, выделенных по опробованию в пределах зоны, – 1–10 м, протяжённость – 400–1000 м, на глубину минерализация прослеживается до 300 м. Средние содержания золота в рудах – 2–5 г/т, серебра – 300–400 г/т. Руды также содержат до 10 % свинца и 1 % цинка. Руды на 15–25 % сложены сульфидами: пиритом, арсенипиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, акантитом, блёклыми рудами и Se-сульфосолями серебра. Поблизости известны пункты минерализации золота, содержащие галенит. Золото

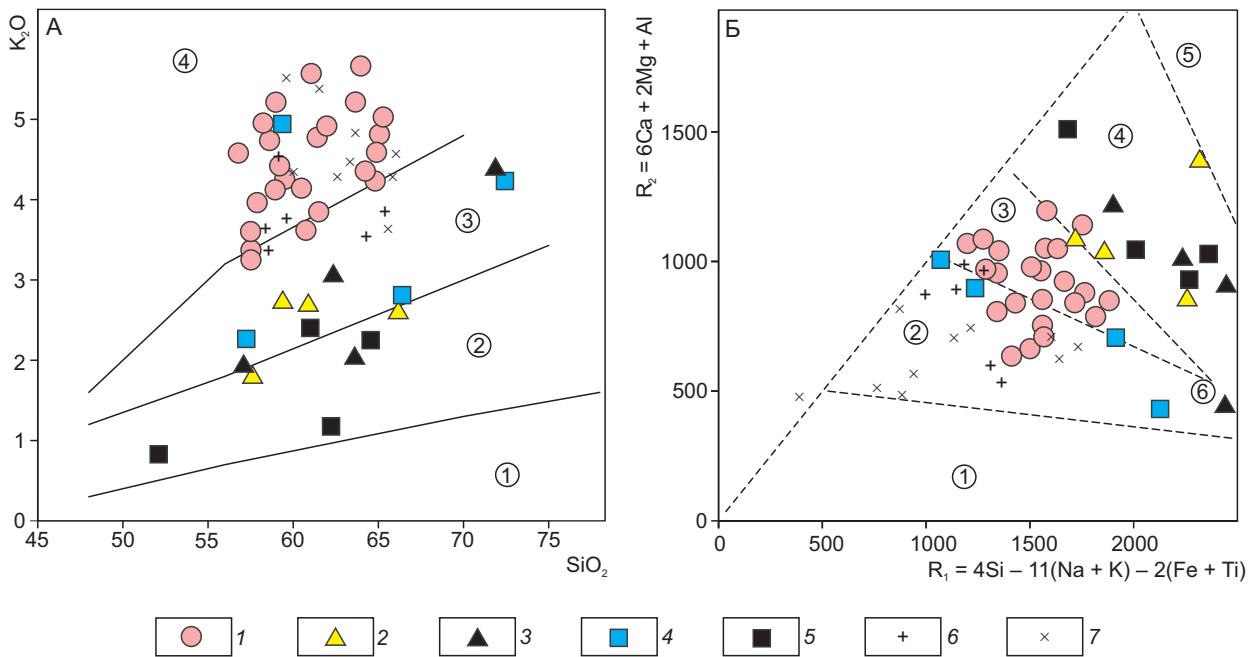


Рис. 7. Диаграммы петрохимического состава интрузивов БХМЗ и интрузивных комплексов некоторых рудных районов, полей и узлов Северо-Востока Азии:

А – цифры в кружках – петрохимические серии: 1 – толеитовая, 2 – известково-щелочная, 3 – высококальциевая известково-щелочная, 4 – шошонитовая [34]; Б – цифры в кружках – геодинамические типы гранитоидов: 1 – анорогенные, 2 – позднеорогенные, 3 – постколлизиионных поднятий, 4 – надсубдукционные, 5 – продукты мантийного фракционирования, 6 – синколлизиионные, 7 – постколлизиионные, [28], в милликатионах (атомное количество элемента $\times 1000$); 1 – биликанский интрузивный комплекс [7, 18, 27]; 2–5 – медно-порфировые рудные районы, узлы и поля ОЧВП: 2 – кавральянский интрузивный комплекс, Кавральянский РУ [17], 3 – викторинский интрузивный комплекс, Конгинский РР [3], 4 – Пиритовое РП, 5 – Тальниковое РП [10]; 6 – егдыкычский интрузивный комплекс, Баимский РР [6]; 7 – алданский интрузивный комплекс [15]

Табл. 3. Значения индикаторных петро- и геохимических показателей различных медно-порфировых месторождений и рудопроявлений Северо-Востока Азии

Индикаторный показатель	Охотско-Чукотский ВП (с запада на восток)					Олойский ВП	Алданский комплекс
	Спешное	Тальниковое РП	Пиритовое РП	Конгинский РР	Кавральянский РУ	Баимский РР	Рябиновое РП
K + Na	6,8–9,5	4,7–6,2	7,8–8,9	5,2–7,7	4,4–6,7	7,5–9,6	8,6–13,4
K	3,2–5,3	0,7–2,3	2,2–4,9	1,9–4,2	1,8–2,6	3,2–4,0	4,4–8,1
K/Na	0,9–1,5	0,2–0,6	0,4–1,2	0,6–1,3	0,6–0,7	0,6–0,8	1,0–2,3
S/I	1,1–1,6	1,4–1,6	1,3–1,5	1,5–1,8	1,4–1,6	1,3–1,6	1,2–1,6
Cu/Mo	5	55	50	5	100	40	20
Cu/Au	10 000	200 000	70 000	35 000	30 000	20 000	30 000
U-Pb возраст гранитоидов	84	91	87	86	78	143–139	132–140

в известных здесь мелких россыпях имеет весьма высокую пробность – 960–965%, характерную для порфировых систем [29]. Все эти признаки однозначно указывают на существование здесь порфирово-эпитермальной системы, аналогичной Верхне-Мяунджинскому узлу.

Ранее нами уже отмечалось, что состав медно-порфировой минерализации ОЧВП и её возраст изменяются вдоль простирания пояса [9]. Объекты Примагаданского отрезка пояса (Тальниковый, Лора, Уптар) не имеют эпитермальной составляющей (см. рис. 1), ассоциируют с гранодиоритами и диоритами нормального известково-щелочного состава, руды имеют существенно медный состав, практически без Au (см. табл. 3). По геологическому строению и составу данные рудопроявления близки к медно-порфировым месторождениям, развивающимся по «монцонитовой» модели медно-порфировых месторождений [32], однако породы монцонит-латитового ряда здесь отсутствуют, что объясняется составом субстрата [10]. К северу и северо-западу, там, где медно-порфировые рудопроявления сосредоточены в поперечных магматических зонах, наложенных на кратонные и шельфовые структуры Омолонского террейна и Яно-Колымского пояса, таких как Биликано-Хуламринская (Спешное), Омсукчанская (Пиритовое) или Конгинская (Захаренко-Лабазный), они приобретают Au-Mo-Cu состав ($Cu/Mo < 50$, $Cu/Au < 100\,000$), связаны с породами сиенит-монцодиоритового состава и в большинстве случаев сопровождаются эпитермальной и субэпитермальной Cu-Pb-Zn полисульфидной и Au-Ag жильно-прожилковой минерализацией. Наконец, в пределах Чукотского сегмента ОЧВП гранитоиды, с которыми связывается медно-порфировое оруденение, снова приобретают существенно диоритовый низкокалийевый состав, а соотношения индикаторных геохимических показателей изменяются в сторону более золотых и менее молибденовых руд. В этом же направлении наблюдается закономерное омоложение порфировых систем ОЧВП (от 103 до 78 млн лет, см. рис. 1). Такое изменение состава и возраста минерализации мы объясняем структурной эволюцией позднемезозойской активной окраины с конвергентной на трансформную [5]. Подобная трактовка позволяет объяснить отдалённое от осевой части ОЧВП расположение ареала монцонитоидов БХМЗ и связанной с ними Mo-Cu и Au-Ag минерализации, с учётом возможности глубокого проникновения

связанных с косым взаимодействием плит разломов сдвиго-раздвиговой кинематики далеко вглубь континента [22].

Заключение. 1. Верхне-Мяунджинский рудный узел Центрально-Колымского сегмента Яно-Колымского орогенного пояса представляет собой порфирово-эпитермальную рудно-магматическую систему, образованную гипабиссальным штоком сиенит-монцонитового состава, вмещаемым ими сульфидно-кварцевым штокверком с Mo-Cu минерализацией, и субэпитермальным жильно-прожилковым Au-Ag-Pb-Zn оруденением.

2. Рудовмещающие интрузивные породы характеризуются высококалийевым и высокомагнетизальным составом, близким к щелочным калиевым интрузиям алданского комплекса. Это может указывать на формирование порфирово-эпитермальной системы на значительном удалении от окраины континента, и за счёт глубинного источника, связанного с плавлением разнородного нижнекорового материала.

3. Возраст кварцевых сиенитов, вмещающих штокверковую минерализацию, определённый U-Pb методом по циркону (SIMS), составил 84 млн лет. Это соответствует возрастным границам второго этапа формирования ОЧВП.

Исследования выполнены в рамках тем НИР «Рудообразующие процессы и системы в истории формирования главных тектонических структур Арктической и Тихоокеанской континентальных окраин Северо-Востока Азии» (№ 121031700301–5, раздел 2 «Благороднометалльные и медно-порфировые рудно-магматические системы в металлогении окраинно-континентальных вулcano-плутонических поясов Северо-Востока Азии») и «Разработка критериев рудоносности магматических комплексов» (№ 124051600003–4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акинин В. В., Миллер Э. Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. – 2011. – Т. 19, № 3. – С. 249–290.
2. Аленичева А. А., Касаткин Н. С., Юрченко Ю. Ю., Зубова Т. Н., Шатов В. В. Выявление новых объектов, перспективных на молибден-медно-порфировое оруденение, при создании Госгеолкарты-1000/3 на примере листов О-55, О-56 (Северное Приохотье, Магаданская область) // Тезисы докладов

- ХIII Международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (10–12 апреля 2024 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). – М. : ЦНИГРИ, 2024. – С. 20–23.
3. Глухов А. Н., Котов А. Б., Прийменко В. В., Сальникова Е. Б., Иванова А. А., Плоткина Ю. В., Федосенко А. М. Гранитоиды Конгинской зоны Омолонского массива (Северо-Восток России): состав пород, возраст и геодинамическая обстановка формирования // Геотектоника. – 2022. – № 2. – С. 1–14.
 4. Глухов А. Н., Прийменко В. В., Фомина М. И., Акинин В. В. Металлогения Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2021. – № 2. – С. 3–16.
 5. Гребенников А. В., Ханчук А. И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 3–24.
 6. Дылевский Е. Ф. Новые сведения о магматизме Баймского рудного района (Западная Чукотка) // Магматизм и оруденение Северо-Востока России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1997. – С. 88–107.
 7. Ермоленко В. Г., Грищенко Ш. Г., Холодная И. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Серия Яно-Индибирская. Лист Р-55-III (г. Серая). Объяснительная записка. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2020. – 176 с.
 8. Коваленкер В. А., Борисенко А. С., Прокофьев В. Ю., Сотников В. И., Боровиков А. А., Плотинская О. Ю. Золотоносные порфиново-эпитермальные рудообразующие системы: особенности минералогии руд, флюидный режим, факторы крупномасштабного концентрирования золота // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении : тезисы докладов Международного совещания. – Новосибирск : Академическое издательство «Геос», 2006. – С. 103–104.
 9. Колова Е. Е., Глухов А. Н., Акинин В. В., Ползуненков Г. О., Аленичева А. А., Прийменко В. В., Касаткин Н. С., Шпикерман В. И. Возрастные рубежи формирования медно-порфирового оруденения Охотско-Чаунской металлогенической провинции // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов XI Международной научно-практической конференции (12–15 апреля 2022 г., ФГБУ «ЦНИГРИ»). – М. : ЦНИГРИ, 2022. – С. 101–104.
 10. Колова Е. Е., Глухов А. Н., Ползуненков Г. О., Акинин В. В. Медно-порфировая минерализация Тальникового рудного поля (Охотский сегмент Охотско-Чукотского вулканогенного пояса) // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 6. – С. 39–61.
 11. Комарова Я. С., Аносова М. О., Костицын Ю. А., Николаев Ю. Н., Бакшеев И. А. U-Pb возраст магматических комплексов Баймской рудной зоны, Западная Чукотка // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы : Материалы VI Российской конференции по изотопной геохронологии (2–5 июня 2015 г.). – СПб. : ИГГД РАН, 2015. – С. 116–118.
 12. Короновский Н. В., Демина Л. И. Магматизм как индикатор геодинамических обстановок. – М. : КДУ, 2011. – 234 с.
 13. Кочетков А. Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 7. – С. 850–864.
 14. Кузнецов В. М. Разнопорядковые структуры тектоно-магматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2006. – № 2. – С. 2–12.
 15. Кукушкин К. А., Молчанов А. В., Радьков А. В., Шатов В. В., Терехов А. В., Шатова Н. В., Хорохорина Е. И., Ремизов Д. Н. О расчленении мезозойских интрузивных пород Центрально-Алданского района (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 64. – С. 48–58.
 16. Маланин Ю. А., Громов Г. С., Шпикерман В. И. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (3-е поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-55 (р. Мома). Объяснительная записка. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2021. – 615 с.
 17. Невретдинов А. Б. Интрузии кавральянского комплекса // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. – № 25. – Магадан : Магаданское книжное издательство, 1980. – С. 31–37.
 18. Петухов В. В., Крутоус В. И., Журавлев В. Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Нера-Бохапчинская. Лист Р-55-Х. Объяснительная записка. – М. : МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 301 с.
 19. Ползуненков Г. О., Кондратьев М. Н. PETRO: Программа для получения и обработки микрофотографий шлифов с использованием android-смартфона // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2023. – № 1. – С. 28–32.
 20. Тихомиров П. Л. Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма. – М. : ГЕОС, 2020. – 376 с.
 21. Тюкова Е. Э., Ворошин С. В. Состав и парагенезисы арсенопирита в месторождениях и вмещающих породах Верхне-Колымского региона. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. – 107 с.

22. Уткин В. П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. – М. : Наука, 1989. – 166 с.
23. Фадеев А. П., Розенблюм И. С., Сосунов Г. М., Кузнецов В. М. Зоны тектономагматической активизации мезозойд Северо-Востока СССР и их рудоносность // *Металлогения и рудные формации зоны перехода континент-океан*. – Магадан : СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990. – С. 142–150.
24. Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 146 с.
25. Хомич В. Г., Борискина Н. Г. Геолого-геофизические факторы контроля проявлений золотой минерализации на сопредельных территориях России и Китая // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. – 2009. – № 2 (14). – С. 69–76.
26. Шатова Н. В., Серегин С. В. Новые данные о возрасте интрузивных пород викторинского и намындыканского комплексов южной части Омолонского массива (Магаданская область) // *Региональная геология и металлогения*. – 2023. – № 93. – С. 5–27.
27. Шпикерман В. И., Полуботко И. В., Васькин А. Ф., Петухов В. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (3-е поколение). Серия Верхояно-Колымская Лист Р-55 (Сусуман). Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 522 с.
28. Batchelor R. A., Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters // *Chemical Geology*. – 1985. – V. 48. – P. 43–55.
29. Beadoin G., Liu N. Geochemical signatures in native gold derived from Au-bearing ore deposits // *Ore Geology Review*. – 2021. – V. 132. – P. 1–18. – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104066>
30. Cao K., Yang Z. M., Xu J. F., Fu B., Li W. K., Sun M. Y. Origin of dioritic magma and its contribution to porphyry Cu–Au mineralization at Pulang in the Yidun arc, eastern Tibet // *Lithos*. – 2018. – V. 304. – P. 436–449.
31. Gustafson L. B., Hunt J. P. The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile // *Economic Geology*. – 1975. – V. 70. – P. 857–912.
32. Lowell J. D., Guilbert J. M. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits // *Economic Geology*. – 1970. – V. 65, № 4. – P. 373–408.
33. Lundington S., Plumlee G. S. Climax-type Porphyry Molybdenum Deposits. USGS Open-File Report 2009–1215. – 16 p.
34. Peccerillo A., Taylor S. R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey // *Contributions to mineralogy and petrology*. – 1976. – V. 58. – P. 63–81.
35. Van der Voo R., Sparkman W., Bijwaard H. Mesozoic subducted slabs under Siberia // *Nature*. – 1999. – V. 397, № 21. – P. 246–249.
36. Weber B., Lopez M. Pb, Sr, and Nd isotopic and chemical evidence for a primitive island arc emplacement of the El Arco porphyry copper deposit (Baja California, Mexico) // *Mineralium Deposita*. – 2005. – V. 40. – P. 707–725. – DOI : [10.1007/s00126-005-0028-4](https://doi.org/10.1007/s00126-005-0028-4)
37. Wilkinson J. J. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits // *Lithos*. – 2001. – V. 55, № 1–4. – P. 229–272.
38. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe // *Reviews in Economic Geology*. – 1998. – № 7. – P. 1–35.

REFERENCES

1. Akinin V. V., Miller E. L. Evolyutsiya izvestkovshchelochnykh magm Okhotsko-Chukotskogo vulkanogenogo poyasa [Evolution of calc-alkaline magmas of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt], *Petrologiya*, 2011, V. 19, No. 3, pp. 249–290. (In Russ.)
2. Alenicheva A. A., Kasatkin N. S., Yurchenko Yu. Yu., Zubova T. N., Shatov V. V. Vyyavleniye novykh ob'yektov, perspektivnykh na molibden-medno-porfirovoye orudneniye, pri sozdanii Gosgeolkarty-1000/3 na primere listov O-55, O-56 (Severnoye Priokhot'ye, Magadanskaya oblast') [Identification of new objects promising for molybdenum-copper-porphyry mineralization during the creation of Gosgeolkarta-1000/3 using the example of sheets O-55, O-56 (Northern Priokhotye, Magadan Region)], Moscow, TSNIIGRI publ., 2024, pp. 20–23. (In Russ.)
3. Glukhov A. N., Kotov A. B., Priyenko V. V., Sal'nikova Ye. B., Ivanova A. A., Plotkina YU. V., Fedoseyenko A. M. Granitoidy Konginskoy zony Omolonskogo massiva (Severo-Vostok Rossii): sostav porod, vozrast i geodinamicheskaya obstanovka formirovaniya [Granitoids of the Konginsky zone of the Omolon massif (North-East of Russia): rock composition, age and geodynamic setting of formation], *Geotektonika*, 2022, No. 2, pp. 1–14. (In Russ.)
4. Glukhov A. N., Priyenko V. V., Fomina M. I., Akinin V. V. Metallogeniya Konginskoy zony Omolonskogo terreyne (Severo-Vostok Azii) [Metallogeny of the Konginsky zone of the Omolon terrane (Northeast Asia)], *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, 2021, No. 2, pp. 3–16. (In Russ.)
5. Grebennikov A. V., Khanchuk A. I. Geodinamika i magmatizm transformnykh okrain tikhookeanskogo tipa: osnovnyye teoreticheskiye aspekty i diskriminantnyye diagrammy [Geodynamics and magmatism of transform margins of the Pacific type: main theoretical aspects and discriminant diagrams], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2021, V. 40, No. 1, pp. 3–24. (In Russ.)

6. *Dylevskiy Ye. F.* Novyye svedeniya o magmatizme Baimskogo rudnogo rayona (Zapadnaya Chukotka) [New information on magmatism of the Baimsky ore region (Western Chukotka)], *Magmatizm i orudneniye Severo-Vostoka Rossii*, Magadan, SVKNII DVO RAN publ., 1997, pp. 88–107. (In Russ.)
7. *Yermolenko V. G., Grishchenko Sh. G., Kholodnaya I. A.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izd. 2-ye. Seriya Yano-Indigirskaya. List P-55-III (g. Seraya). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000. 2nd ed. Yano-Indigirskaya Series. Sheet P-55-III (Seraya Mountain). Explanatory note], St. Petersburg, VSEGEI publ., 2020, 176 p. (In Russ.)
8. *Kovalenker V. A., Borisenko A. S., Prokof'yev V. Yu., Sotnikov V. I., Borovikov A. A., Plotinskaya O. Yu.* Zolotonosnyye porfirovo-epitermal'nyye rudoobrazuyushchiye sistemy: osobennosti mineralogii rud, flyuidnyy rezhim, faktory krupnomasshtabnogo kontsentrirvaniya zolota [Gold-bearing porphyry-epithermal ore-forming systems: features of ore mineralogy, fluid regime, factors of large-scale gold concentration], *Novosibirsk, Akademicheskoye izdatel'stvo "Geos" publ.*, 2006, pp. 103–104. (In Russ.)
9. *Kolova Ye. Ye., Glukhov A. N., Akinin V. V., Polzunenkov G. O., Alenicheva A. A., Priyemenko V. V., Kasatkina N. S., Shpikerman V. I.* Vozrastnyye rubezhi formirovaniya medno-porfirovogo orudneniya Okhotsko-Chaunskoy metallogenicheskoy provintsii [Age boundaries of the formation of copper-porphyry mineralization of the Okhotsk-Chaun metallogenic province], *Moscow, TSNIGRI publ.*, 2022, pp. 101–104. (In Russ.)
10. *Kolova Ye. Ye., Glukhov A. N., Polzunenkov G. O., Akinin V. V.* Medno-porfirovaya mineralizatsiya Tal'nikovogo rudnogo polya (Okhotskiy segment Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennoy poyasa) [Copper-porphyry mineralization of the Talnikovoye ore field (Okhotsk segment of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt)], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2023, V. 42, No. 6, pp. 39–61. (In Russ.)
11. *Komarova YA. S., Anosova M. O., Kostitsyn Yu. A., Nikolayev Yu. N., Baksheyev I. A.* U-Pb vozrast magmaticheskikh kompleksov Baimskoy rudnoy zony, Zapadnaya Chukotka [U-Pb age of igneous complexes of the Baimskaya ore zone, Western Chukotka], *St. Petersburg, IGD RAN publ.*, 2015, pp. 116–118. (In Russ.)
12. *Koronovskiy N. V., Demina L. I.* Magmatizm kak indikator geodinamicheskikh obstanovok [Magmatism as an indicator of geodynamic conditions], *Moscow, KDU publ.*, 2011, 234 p. (In Russ.)
13. *Kochetkov A. Ya.* Mezozoyskiye zolotonosnyye pudnomagmaticheskiye sistemy Tsentral'nogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of the Central Aldan], *Geologiya i geofizika*, 2006, V. 47, No. 7, pp. 850–864. (In Russ.)
14. *Kuznetsov V. M.* Raznoporyadkovyye struktury tektono-magmaticheskoy aktivizatsii v Verkhoyano-Chukotskoy skladchatoy oblasti [Different-order structures of tectonic-magmatic activation in the Verkhoyansk-Chukotka folded region], *Vestnik SVNTS DVO RAN*, 2006, No. 2, pp. 2–12. (In Russ.)
15. *Kukushkin K. A., Molchanov A. V., Rad'kov A. V., Shatov V. V., Terekhov A. V., Shatova N. V., Khorokhorina Ye. I., Remizov D. N.* O raschlenenii mezozoyskikh intruzivnykh porod Tsentral'no-Aldanskogo rayona (Yuzhnaya Yakutiya) [On the subdivision of Mesozoic intrusive rocks of the Central Aldan region (Southern Yakutia)], *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2015, No. 64, pp. 48–58. (In Russ.)
16. *Malanin Yu. A., Gromov G. S., Shpikerman V. I.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Verkhoyano-Kolymskaya. List Q-55 (r. Moma). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1: 1,000,000 (3rd generation). Verkhoyansk-Kolyma Series. Sheet Q-55 (Moma River). Explanatory note], *St. Petersburg, VSEGEI publ.*, 2021, 615 p. (In Russ.)
17. *Nevretdinov A. B.* Intruzii kavral'yanskogo kompleksa [Intrusions of the Kavralyansky complex], *Materialy po geologii i poleznym iskopayemym Severo-Vostoka SSSR*, No. 25, Magadan, Magadanskoye knizhnoye izdatel'stvo publ., 1980, pp. 31–37. (In Russ.)
18. *Petukhov V. V., Krutous V. I., Zhuravlev V. G.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Seriya Nera-Bokhapchinskaya. List P-55-X. Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Nera-Bokhapchinskaya Series. Sheet P-55-X. Explanatory note], *Moscow, MF VSEGEI publ.*, 2013, 301 p. (In Russ.)
19. *Polzunenkov G. O., Kondrat'yev M. N.* PETRO: Programma dlya polucheniya i obrabotki mikrofoto-grafiy shlifov s ispol'zovaniyem android-smartfona [PETRO: Program for obtaining and processing microphotographs of thin sections using an android smartphone], *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, 2023, No. 1, pp. 28–32. (In Russ.)
20. *Tikhomirov P. L.* Melovoy okrainno-kontinental'nyy magmatizm Severo-Vostoka Azii i voprosy genezisa krupneyshikh fanerozoyskikh provintsiy kremnekislologo vulkanizma [Cretaceous continental margin magmatism of North-East Asia and issues of genesis of the largest Phanerozoic provinces of siliceous volcanism], *Moscow, GEOS publ.*, 2020, 376 p. (In Russ.)
21. *Tyukova Ye. E., Voroshin S. V.* Sostav i paragenezisy arsenopirita v mestorozhdeniyakh i vmeshchayushchikh porodakh Verkhne-Kolymskogo regiona [Composition and parageneses of arsenopyrite in deposits and host rocks of the Upper Kolyma region], *Magadan, SVNTS DVO RAN publ.*, 2007, 107 p. (In Russ.)

22. *Utkin V. P.* Sdvigovyye dislokatsii, magmatizm i rudobrazovaniye [Shear dislocations, magmatism and ore formation], Moscow, Nauka publ., 1989, 166 p. (In Russ.)
23. *Fadeyev A. P., Rozenblyum I. S., Sosunov G. M., Kuznetsov V.M.* Zony tektonomagmaticheskoy aktivizatsii mezozoid Severo-Vostoka SSSR i ikh rudonosnost' [Zones of tectonomagmatic activation of the Mesozoic regions of the North-East of the USSR and their ore content], Metallogeniya i rudnyye formatsii zony perekhoda kontinent-ocean, Magadan, SVKNII DVO AN SSSR publ., 1990, pp. 142–150. (In Russ.)
24. *Frolova T. I., Burikova I. A.* Magmaticheskiye formatsii sovremennykh geotektonicheskikh obstanovok [Magmatic formations of modern geotectonic settings], Moscow, MGU publ., 1997, 146 p. (In Russ.)
25. *Khomich V. G., Boriskina N. G.* Geologo-geofizicheskiye faktory kontrolya proyavleniy zolotoy mineralizatsii na sopredel'nykh territoriyakh Rossii i Kitaya [Geological and geophysical factors controlling manifestations of gold mineralization in the adjacent territories of Russia and China], Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle, 2009, No. 2 (14), pp. 69–76. (In Russ.)
26. *Shatova N. V., Seregin S. V.* Novyye dannyye o vozraste intruzivnykh porod viktorinskogo i namyndyanskogo kompleksov yuzhnoy chasti Omolonskogo massiva (Magadanskaya oblast') [New data on the age of intrusive rocks of the Viktorinsky and Namyndyansky complexes of the southern part of the Omolon massif (Magadan region)], Regional'naya geologiya i metallogeniya, 2023, No. 93, pp. 5–27. (In Russ.)
27. *Shpikerman V. I., Polubotko I. V., Vas'kin A. F., Petukhov V. V.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (3-ye pokoleniye). Seriya Verkhoyano-Kolymskaya List R-55 (Susuman). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (3rd generation). Verkhoyansk-Kolyma Series Sheet R-55 (Susuman). Explanatory Note], St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI publ., 2016, 522 p. (In Russ.)
28. *Batchelor R. A., Bowden P.* Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology. – 1985, V. 48, pp. 43–55.
29. *Beadoin G., Liu N.* Geochemical signatures in native gold derived from Au-bearing ore deposits, Ore Geology Review, 2021, V. 132, pp. 1–18, DOI : <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104066>
30. *Cao K., Yang Z. M., Xu J. F., Fu B., Li W. K., Sun M. Y.* Origin of dioritic magma and its contribution to porphyry Cu–Au mineralization at Pulang in the Yidun arc, eastern Tibet, Lithos, 2018, V. 304, pp. 436–449.
31. *Gustafson L. B., Hunt J. P.* The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile, Economic Geology, 1975, V. 70, pp. 857–912.
32. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits, Economic Geology, 1970, V. 65, No. 4, pp. 373–408.
33. *Lundington S., Plumlee G. S.* Climax-type Porphyry Molybdenum Deposits. USGS Open-File Report 2009–1215, 16 p.
34. *Peccerillo A., Taylor S. R.* Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey, Contributions to mineralogy and petrology, 1976, V. 58, pp. 63–81.
35. *Van der Voo R., Sparkman W., Bijwaard H.* Mesozoic subducted slabs under Siberia, Nature, 1999, V. 397, No. 21, pp. 246–249.
36. *Weber B., Lopez M.* Pb, Sr, and Nd isotopic and chemical evidence for a primitive island arc emplacement of the El Arco porphyry copper deposit (Baja California, Mexico), Mineralium Deposita, 2005, V. 40, pp. 707–725, DOI : [10.1007/s00126-005-0028-4](https://doi.org/10.1007/s00126-005-0028-4)
37. *Wilkinson J. J.* Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos, 2001, V. 55, No. 1–4, pp. 229–272.
38. *Williams I. S.* U-Th-Pb geochronology by ion microprobe, Reviews in Economic Geology, 1998, No. 7, pp. 1–35.

Статья поступила в редакцию 02.11.24; одобрена после рецензирования 17.11.24; принята к публикации 20.11.24.
The article was submitted 02.11.24; approved after reviewing 17.11.24; accepted for publication 20.11.24.