

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 551.078

МЕТАЛЛОГЕНИЯ КОНГИНСКОЙ ЗОНЫ ОМОЛОНСКОГО ТЕРРЕЙНА (Северо-Восток Азии)

Глухов А. Н., Прийменко В. В., Фомина М. И., Акинин В. В.

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: gluhov76@list.ru*

Приведены новые данные о геологическом строении и составе рудопроявлений Конгинской магматической зоны, наложенной на Омолонский кратонный террейн (Северо-Восток Азии). Показано, что возраст и состав гранитоидов Конгинской зоны аналогичны вулканоплутоническим комплексам Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Пенжинский сегмент). Охарактеризованы рудопроявления медно-молибден-порфировой, золото-серебряной и серебро-полиметаллической формаций. Оруденение Конгинской зоны по составу близко месторождениям ОЧВП, отличаясь более высокими концентрациями молибдена в медно-порфириновых рудах, а также преобладанием серебро-полиметаллического оруденения над золото-серебряным.

Ключевые слова: гранитоиды, минерализация, рудная формация.

DOI: 10.34078/1814-0998-2021-2-3-16

В тыловой зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) известен ряд далеко вдающихся в континент и вытянутых ортогонально по отношению к поясу магматических зон, сложенных вулканоплутоническими ассоциациями мелового возраста. В ряде публикаций они получили наименование «зон тектоно-магматической активизации (ТМА)» (Кузнецов, 2006; Фадеев и др., 1990), хотя таковыми не являются, поскольку возраст магматизма в них такой же, как и в ОЧВП, не моложе. Одна из таких зон – Конгинская – рассекает Омолонский кратонный террейн (ОМ) пополам и протягивается в глубь его на 150 км. Она сложена вулканическими ассоциациями андезидацитового состава и гранитоидами, геохимия и возраст которых не исследованы современными аналитическими методами. Изотопный возраст вулканических и интрузивных пород Конгинской зоны, определенный К-Аг методом, колеблется от 59 до 118 млн лет (Горячев и др., 2017). С магматическими комплексами Конгинской зоны ассоциируют многочисленные рудопроявления Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo. Они охарактеризованы в единичных публикациях (Пак, 2002; Горячев и др., 2017; Савва, 2018),

однако их геолого-генетическая принадлежность и возраст до конца неясны.

В настоящей статье впервые приводятся результаты исследований пород и руд рудопроявлений в Конгинской зоне методом ICP-MS, а также первые определения возраста минерализации $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Химический состав горных пород и руд изучался в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл нэд Эссей» (г. Москва). Содержания примесных элементов определяли окислительным разложением в четырех кислотах с последующим определением основных элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Пределы обнаружения для Cu, Ni, Co, Pb, Sc, Li составляют 0.1–0.5 ppm, для Ag, Mo, Cd – 0.01–0.05 ppm. Определение примесных элементов проводили сплавлением с боратами перед кислотным растворением и последующим ICP-MS анализом. Правильность анализа контролировали путем измерения международных и российских стандартных образцов GSP_2, VM, СГД_1А, СТ_1. Ошибки определения концентраций составляли от 3 до 5 мас. % для большинства элементов. Содержания элементов определяли сплавлением с метаборатом лития с последующим растворением в

смеси кислот и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES). Пределы обнаружения для главных петрогенных оксидов составили 0.01–100 %, для REE, Th, U – 0.01–0.05 ppm, W, Zr, Ba, Sr, Ta, Ce, Ga – 0.1 ppm. Обработку петро- и геохимических данных и построение классификационных диаграмм проводили посредством свободно распространяемого программного пакета GCDkit (Janousek et al., 2006).

Возраст образования околорудных метасоматитов определяли $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом в Аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) по монофракциям серицита. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ геохронологические исследования проводили методом ступенчатого прогрева (Травин и др., 2009). Навески образцов совместно с мусковитом МСА-11 (K/Ar возраст 313 млн лет) и биотитом LP-6 (128.1 млн лет), которые использовали в качестве мониторов, заворачивали в алюминиевую фольгу, помещали в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивали. Затем пробы облучали в кадмированном канале реактора ВВР-К типа в Научно-исследовательском институте ядерной физики (г. Томск). Градиент нейтронного потока не превышал 0.5 % в размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводили в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по определению ^{40}Ar (10 мин при 1200 °C) не превышал 5×10^{-10} нсм³. Очистку аргона осуществляли с помощью Ti- и ZrAl-SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измеряли на масс-спектрометре МИ-1201В. Ошибки измерений соответствуют интервалу $\pm 2\sigma$. Для коррекции на изотопы ^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{40}Ar , полученные при облучении Ca, Cl, K, использовали следующие коэффициенты: $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}) \text{Ca} = 0.00073 \pm 0.000026$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}) \text{Ca} = 0.00032 \pm 0.000021$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}) \text{K} = 0.0641 \pm 0.0001$. Для оценки надежности $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования принимались следующие критерии: 1) хорошо выраженное плато не менее чем из трех ступеней (горизонтальный спектр возрастов) с более чем 50 % выделившегося кумулятивного ^{39}Ar (СКВО < 2.5); 2) конкордантность возрастов плато и изохроны с учетом погрешностей; 4) изохрона пересекает значение отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ близко к 295.5. Расчет и построение графиков для Ar-Ar датирования выполняли в программе Isoplot 3.75 (Ludwig, 2003).

Для оптических методов исследований применяли микроскоп AxioPlan Imaging. Состав рудных минералов диагностировали на микроанализаторе Camebax с использованием энергодисперсионного спектрометра X-Max Oxford и математического обеспечения Aztec, а также на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОНГИНСКОЙ ЗОНЫ

Конгинская магматическая зона представляет собой линейную структуру протяженностью около 150 км при ширине 15–50 км, образованную сближенными вулканоструктурами и интрузивными телами (рис. 1). Вулканические образования наложены на домеловые комплексы и представлены андезитами, дацитами и риолитами, объединенными в конгинскую свиту (Лычагин и др., 1990; Горячев и др., 2017). Среди образующих ими структур преобладают интрузивно-купольные поднятия; намного реже встречаются вулканические кальдеры или депрессии. В основании свиты залегают конгломераты и песчаники с отдельными прослоями андезибазальтов и остатками позднеальбской и сеноманской флоры (Лычагин др., 1990). Среди эффузивов преобладают андезиты, реже – базальты и дациты; риолиты отмечаются спорадически. Характерные ассоциирующие с эффузивами многочисленные полого залегающие субвулканические тела (силлы и лакколиты). Петрохимический состав вулканитов характеризуется повышенной калиевой щелочностью (Лычагин и др., 1990). Интрузии Конгинской зоны объединены в викторинский комплекс (Лычагин и др., 1990) и представлены, в большинстве своем, мелкими (площадь выходов до 10 км²) штоками простого (одно- и двухфазного) строения, сложенными преимущественно порфиридовидными субщелочными породами умеренной кремнекислотности: монцититами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами, граносиенитами. Установлены редкие выходы габбро и гранитов. Изредка породы комплекса слагают относительно крупные (40–90 км²) интрузивные массивы (Ветвистый, Мрачный). Интрузии прорывают и домеловые комплексы, и вулканиты конгинской свиты. Все породы умеренно-щелочные, с калий-натриевым типом щелочности, высокоглиноземистые. По сравнению с кларком они обогащены элементами группы железа (Fe, Cr, Ni, Co, Mn), а также Ba, Mo, As, W, Nb, Zr. **Обеднение относительно кларка** наблюдается для большинства крупноионных литофилов (за исключением Ba), Y и REE. Следует отметить, что ареал развития интрузий викторинского комплекса существенно шире, нежели границы собственно одноименной зоны, и охватывает практически всю центральную и южную части ОМ.

Вулканиты и интрузии Конгинской зоны вмещают многочисленные месторождения и рудопроявления медно-молибден-порфириевой, золото-серебряной и серебро-полиметаллической формаций. Их пространственное положение контролируется, в первую очередь, размещением гранитоидных интрузий викторинского комплек-

Рис. 1. Тектоно-минерагеническая схема Омолонского террейна (по А. М. Гагиевой и И. Л. Жулановой, 2011, с упрощениями и дополнениями): 1 – дорифейский кристаллический фундамент; 2 – рифейско-среднеюрский и верхнеюрско-меловой структурный ярусы; 3–5 – вулканогенные пояса (3 – Кедонский, 4 – Охотско-Чукотский и Олойский); 5 – террейны складчатого обрамления (**КН** – Куларо-Нерский, **ВЛ** – Вилигинский, **ЕР** – Еропольский); 6 – гранитоиды; 7 – разломы; 8–13 – месторождения и рудопроявления различных формаций: 8 – железистые кварциты, 9 – железорудные скарны, 10 – медно-молибден-порфировая, 11 – серебро-полиметаллическая, 12 – золото-серебряная, 13 – золото-редкометаллическая; 14 – границы Эвенского рудного района (**Эв**); 15 – границы Конгинской зоны (**Ко**). Звездочками показаны эксплуатируемые Au-Ag месторождения Кубака (**Кб**), Биркачан (**Бр**), Оляча (**Ол**). Номерами обозначены месторождения и рудопроявления, упомянутые в статье: 1 – Вечернее, 2 – Хрустальное, 3 – Захаренко, 4 – Лабазное, 5 – Вулкан, 6 – Гном, 7 – Терминэ, 8 – Упрямое, 9 – Правое Визуальное, 10 – Седое, 11 – Жаркое, 12 – Мрачное, 13 – Хивач, 14 – Джелты, 15 – Коаргычан, 16 – Ирбычан, 17 – Невенрекан, 18 – Ороch, 19 – Дручак, 20 – Аура, 21 – Радуга, 22 – Перекатное, 23 – Туромча, 24 – Альдигич, 25 – Горное

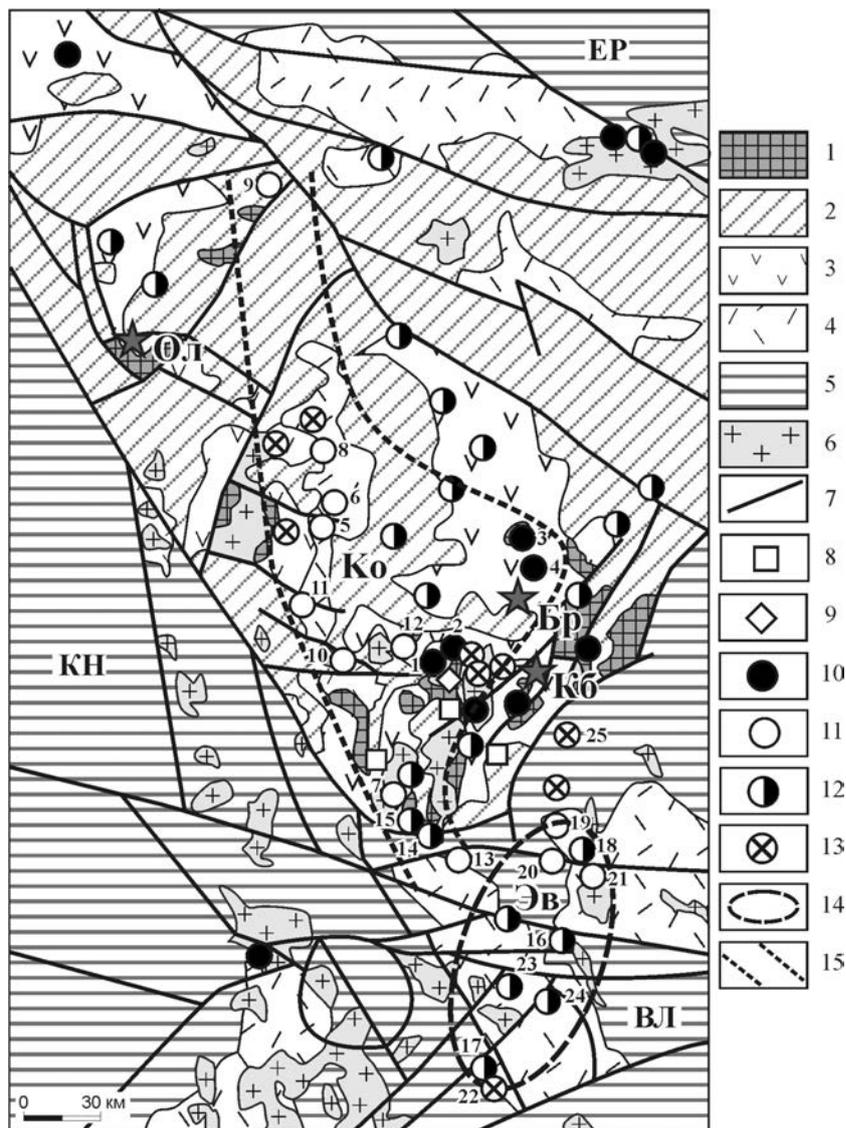


Fig. 1. Tectonic and mineragenic scheme of the Omolon terrane (after A. M. Gagiyeva and I. L. Zhulanova, 2011, simplified and amended): 1 – dorifean crystal foundation; 2 – Riphean-Middle Jurassic and Upper Jurassic-Cretaceous structural tiers; 3–5 – volcanic belts (3 – Kedon, 4 – Okhotsk-Chukotka and Oloy); 5 – folded rim terranes (**КН** – Kularo-Nera, **ВЛ** – Viliga, **ЕР** – Yeropol); 6 – granitoids; 7 – faults; 8–13 – deposits and ore occurrences of different formations (8 – Fe-quartzites, 9 – Fe-skarns, 10 – copper-molybdenum-porphyry, 11 – Ag-polymetallic, 12 – Au-Ag, 13 – gold-rare-metallic); 14 – boundaries of the Evensk ore district (**Эв**); 15 – Kongin zone boundaries (**Ко**). Asterisks mark working Au-Ag deposits Kubaka (**Кб**), Birkachan (**Бр**), Ol'cha (**Ол**). Numbered are deposits and ore occurrences discussed: 1 – Vecherneye, 2 – Khrustal'noye, 3 – Zakharenko, 4 – Labaznoye, 5 – Vulkan, 6 – Gnom, 7 – Termine, 8 – Upryamoye, 9 – Pravoye Vizual'noye, 10 – Sedoye, 11 – Zharkoye, 12 – Mrachnoye, 13 – Khivatch, 14 – Dzhelty, 15 – Koargychan, 16 – Irbychan, 17 – Nevenrekan, 18 – Oroch, 19 – Druchak, 20 – Aura, 21 – Raduga, 22 – Perekatnoye, 23 – Turomcha, 24 – Al'digitch, 25 – Gornoye

са, а во-вторых – пересечениями дуговых разрывов, ограничивающих интрузивно-купольные поднятия с региональными разломами северо-западной и субширотной ориентировки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оруденение *медно-молибден-порфировой формации* в большинстве случаев непосредственно вмещается гранитоидными интрузиями. На

рудопроявлениях Вечернее и Хрустальное (см. рис. 1) минерализация представлена сульфидно-кварцевыми штокверками и залежами оруденелых скарнов (Пак, 2002). Выделяются три минеральных парагенезиса: гранат-магнетитовый (скарновый), пирит-арсенипирит-молибденит-полисульфидный, золото-серебро-теллуридно-висмутовый (Алексеев и др., 1990; Горячев и др., 2017). Содержания молибдена достига-

ют 0.2 %, меди – 0.5 %, серебра – 85 г/т, золота – 3.7 г/т. Следует отметить, что мы относим рассматриваемую минерализацию именно

к медно-молибден-порфировой формации, а не молибден-порфировой («тип Клаймакс»; Lundington, Plumlee, 2009).

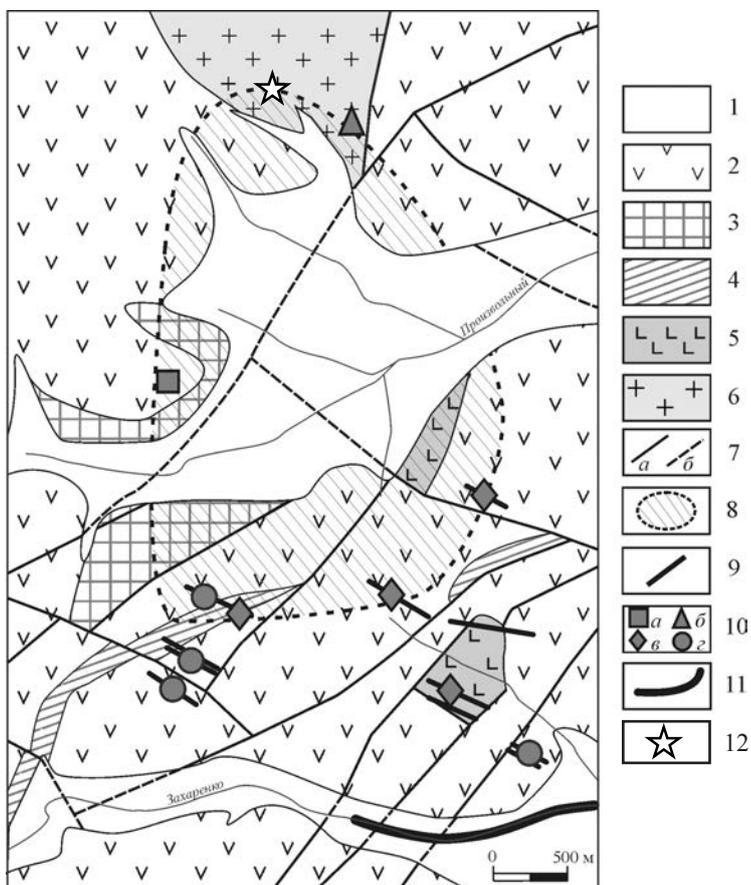


Рис. 2. Схема геологического строения рудопоявления Захаренко (по В. Н. Кудиенко, 2002 г., с изменениями и дополнениями): 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – туфы и игнимбриты риодацитов кедонской серии; 3 – архейские гнейсы; 4 – экструзии и субвулканические тела риолитов кедонского комплекса; 5 – субвулканические тела диорит-порфиров; 6 – гранодиориты; 7 – разломы, достоверно установленные (а) и предполагаемые (б); 8 – сульфидно-кварцевый штокверк; 9 – карбонат-кварцевые жилы; 10 – пункты минерализации молибдена (а), меди (б), свинца (е), золота (з); 11 – россыпь золота; 12 – проба $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ датирования (рис. 3)

Fig. 2. Geological scheme of the Zakharenko ore field (after V. N. Kudienko, 2002, altered and amended): 1 – Quaternary talus rocks; 2 – rhyolacite ignimbrites and tuffs of the Kedon formation; 3 – Archean gneisses; 4 – Kedon rhyolite extrusions and subvolcanic bodies; 5 – Cretaceous diorite-porphyry subvolcanic bodies; 6 – Cretaceous granodiorites; 7 – faults proved (a), assumed (b); 8 – sulfide-quartz stockwork; 9 – carbonate-quartz lodes; 10 – mineralization points of Mo (a), Cu (b), Pb (e), Au (z); 11 – gold placer; 12 – sample $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ dating (Fig. 3)

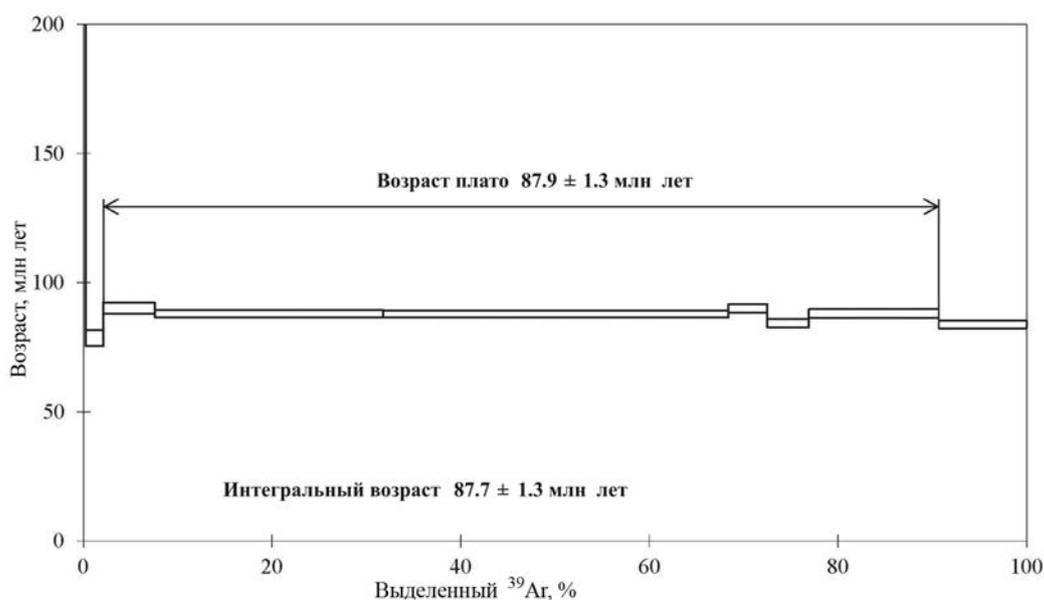


Рис. 3. Результаты $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ датирования серицита из филлизитов Захаренковского рудного поля

Fig. 3. Results of $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ dating of sericite from the Zakharenko ore field phyllites

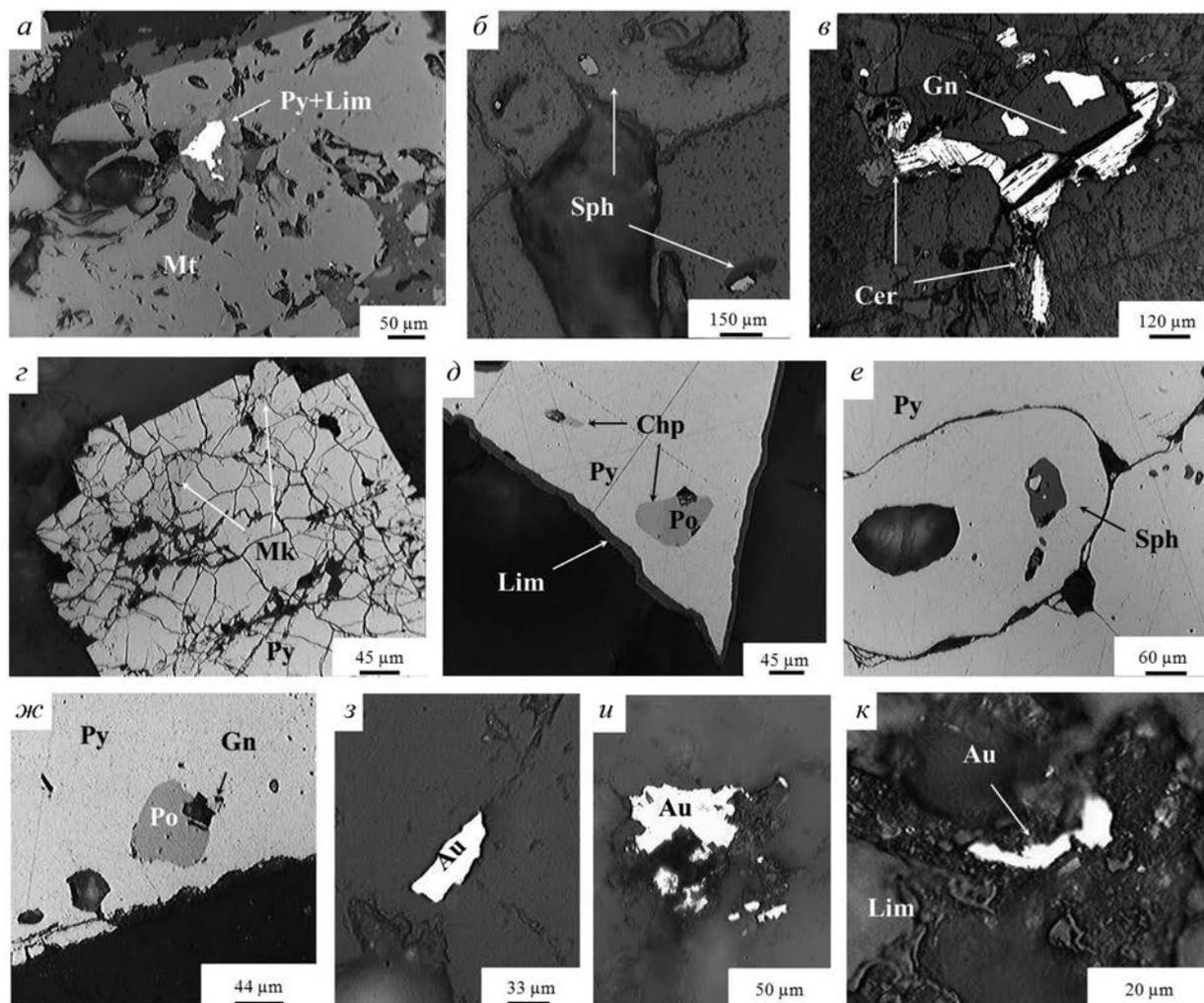


Рис. 4. Минералогия золото-серебро-полиметаллических жил Захаренковского рудного поля: а – включения пирита в магнетите; пирит по периферии замещен лимонитом; б – микровключения сфалерита в кварце; в – развитие церуссита по периферии галенита; з – полиморфное развитие марказита по пириту; д – пирротин в ассоциации с халькопиритом образует включения в пирите; е – включения сфалерита в пирите; жс – галенит и пирротин выполняют пустоты в пирите; з – включение самородного золота в кварце; и – ксеноморфное обособление самородного золота в кварце; золото корродируется лимонитом; к – включение самородного золота в лимонитизированном пирите

Fig. 4. Mineralogy of gold-silver-polymetallic lodes at the Zakharenko ore field: а – pyrite inclusion in magnetite; peripheral pyrite replaced by limonite; б – microinclusions of sphalerite in quartz; в – development of zerussite at the galena periphery; з – polymorphic development of marcasite on pyrite; д – inclusions of pyrrhotite and chalcopyrite in pyrite; е – sphalerite inclusions in pyrite; жс – galena and pyrrhotite filling cavities in pyrite; з – native gold in quartz; и – xenomorphic isolation of native gold corroded by limonite; к – native gold inclusion in limonitized pyrite

В пользу этого свидетельствуют монцит-гранодиоритовый состав связанных с оруденением гранитоидов (рис. 2), относящихся к I-типу (а не S- и A-, как для собственно молибденпорфировых), и ассоциация с золото-серебряной и полиметаллической (а не олово-вольфрамовой) минерализацией. Высокие концентрации молибдена, как и флюорита, отражают сиалический состав рудовмещающих комплексов кристаллического фундамента Омолонского террейна.

С медно-молибденовым рудопроявлением Хрустальное ассоциируют железорудные скарны

(Фадеев, 1974). Они развиты по рифейским карбонатным отложениям и представлены залежами гранат-пироксен-магнетитового состава с содержаниями железа 20–58 % и золота до 0.3 г/т.

На периферии медно-молибденовые штокверки сменяются жилами и прожилками с золото-серебро-полиметаллической минерализацией. Примером является Захаренковское рудное поле (см. рис. 1 и 2). Оно приурочено к интрузивно-купольному поднятию, в ядре которого обнажен шток викторинского интрузивного комплекса площадью 3.5 км². Он имеет двухфазное стро-

Таблица 1. Результаты микрозондового анализа сульфидов Захаренковского рудного поля

Table 1. Results of microprobe analysis on the Zakharenko ore field sulfides

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %			Формульные коэффициенты						
			Pb	S	Fe	Pb	S	Fe				
Галенит – $Pb_{1.04}S_{0.96}$												
1	45	100.00	70.75	29.25	0.00	0.54	1.46	0.00				
2	41	100.24	87.45	12.79	0.00	1.03	0.97	0.00				
3	41	78.55	69	9.55	0.00	1.06	0.94	0.00				
4	41	100.25	87.82	12.43	0.00	1.04	0.96	0.00				
5	41	99.68	87.41	12.27	0.00	1.05	0.95	0.00				
6	41	100.00	87.29	12.71	0.00	1.03	0.97	0.00				
Галенит – $(Pb_{0.79}Fe_{0.22}S_{1.01})_{0.98}$												
7	41	84.83	71.43	10.43	2.97	0.95	0.9	0.15				
8	44	100.00	71.98	18.78	9.24	0.63	1.07	0.30				
Пирротин – $Fe_{7.08}S_{7.92}$												
9	44	98.57	59.92	38.65	7.06	7.94						
10	44	99.93	60.94	38.99	7.09	7.91						
Пирит – $Fe_{1.00}S_{2.00}$												
11	45	100.00	46.17	53.83	0.99	2.01						
12	45	100.00	46.12	53.88	0.99	2.01						
13	44	100.00	46.65	53.35	1.00	2.00						
14	41	99.34	46.81	52.53	1.02	1.98						
15	41	100.00	46.71	53.29	1.00	2.00						
Халькопирит – $Cu_{0.97}Fe_{1.05}S_{1.98}$												
19	44	100.00	33.61	31.82	34.57	0.97	1.05	1.98				
Сфалерит – $(Zn_{0.78}Fe_{0.2}Mn_{0.03}S_{1.01})_{0.99}$												
20	41	100.01	54.20	11.24	1.19	0.23	33.15	0.79	0.19	0.02	0.00	0.99
21	41	100.00	53.20	11.56	1.36	0.47	33.41	0.78	0.20	0.02	0.00	1.00
22	41	100.00	52.67	11.44	1.94	0.45	33.50	0.77	0.20	0.03	0.00	1.00
23	41	100.00	52.91	11.56	1.75	0.55	33.23	0.77	0.20	0.03	0.00	0.99

Примечание. Анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром, СПб., 2019. Аналитик О. Л. Галанкина.

Таблица 2. Результаты микрозондового анализа петровскита и самородного золота Захаренковского рудного поля

Table 2. Results of microprobe analysis on petrovskite and native gold from the Zakharenko ore field

№ п/п	Номер образца	Сумма	Весовые концентрации, %			Формульные коэффициенты		
			Au	Ag	S	Au	Ag	S
Петровскит – $Au_{0.99}Ag_{0.96}S_{1.05}$								
1	33	100.01	57.62	31.91	10.48	0.96	0.97	1.07
2	33	100.01	59.82	30.29	9.90	1.02	0.94	1.04
Средняя проба – 668.1 ‰								
3	33	100.00	61.38	38.62	0.00	0.93	1.07	0.00
4	33	100.00	61.51	38.49	0.00	0.93	1.07	0.00
5	33	100.00	62.29	37.71	0.00	0.95	1.05	0.00
6	33	100.00	65.53	34.47	0.00	1.02	0.98	0.00
7	33	100.00	66.59	33.41	0.00	1.04	0.96	0.00
8	32	100.00	66.71	33.29	0.00	1.05	0.95	0.00
9	32	100.00	67.11	32.89	0.00	1.06	0.94	0.00
10	33	100.00	67.38	32.62	0.00	1.06	0.94	0.00
11	33	100.00	67.70	32.30	0.00	1.07	0.93	0.00
12	33	100.00	70.64	29.36	0.00	1.14	0.86	0.00
13	32	100.00	71.61	28.39	0.00	1.16	0.84	0.00
14	32	100.00	73.23	26.77	0.00	1.20	0.80	0.00
Высокопробная кайма – 953.4 ‰								
15	33	100.00	95.34	4.66	0.00	1.84	0.16	0.00

Примечание. Анализ выполнен на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром, СПб., 2019. Аналитик О. Л. Галанкина

ение и сложен габбро-диоритами, диоритами, монцодиоритами, диорит-порфиридами. U-Pb возраст кристаллизации циркона из монцодиоритов (TIMS) составил 86.4 ± 0.3 млн лет (Глухов и др., 2021). Интрузия прорывает туфы и игнимбриты риолитов кедонской серии среднего – позднего девона. Они изменены до филлизитов пирит-серицит-кварцевого состава и вмещают сульфидно-кварцевые штокверки с пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом и молибденитом. Содержания **Mo** и **Cu** в штокверках до 0.03 %, **Pb** – до 0.06 %, **Zn** – до 0.04 %; геохимический спектр прожилково-вкрапленной минерализации **Mo-Ag-Pb-Cu-Zn-Ag**. По серициту из филлизитов получена Ar-Ar датировка 87.9 ± 1.3 млн лет (рис. 3), согласующаяся, с учетом погрешности, с U-Pb возрастом монцодиоритов. На удалении от них развиты рудоносные кварцевые жилы и прожилки с золото-серебро-полиметаллической минерализацией. Содержания золота в них до 20 г/т, серебра – до 88 г/т, свинца – более 1 %; геохимический спектр жил **Au-Pb-Ag-(W, Mo)-As**. **Жилы и прожилки сложены** среднезернистым друзовидным и полупрозрачным кварцем.

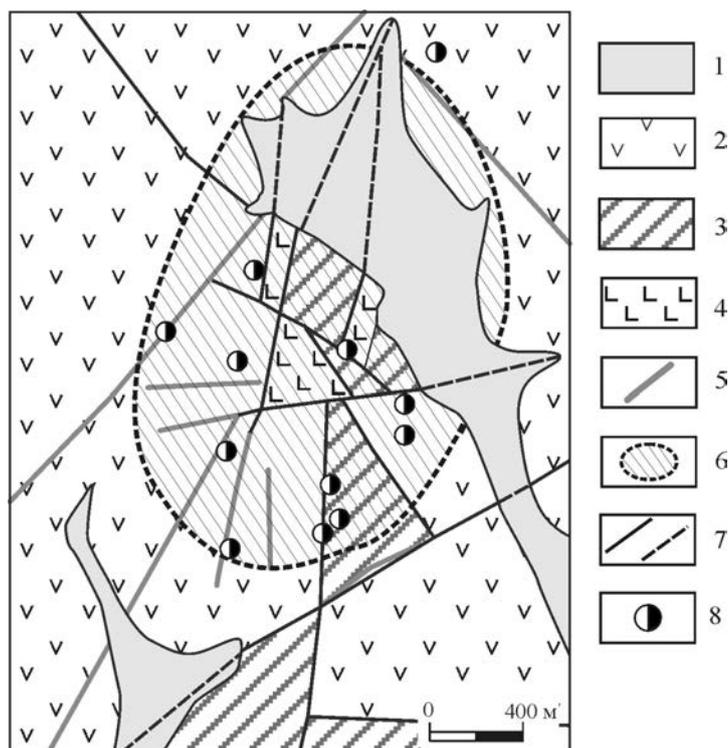
Основная рудная минерализация представлена пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пирротинном, самородным золотом и петровскаитом (рис. 4). *Пирит* содержит редкую вкрапленность пирротина, галенита, сфалерита, халькопирита и самородного золота. *Пирротин* отлагается в виде ксеноморфных включений

в крупнокристаллическом пирите. Встречается в ассоциации с халькопиритом и галенитом. *Полисульфиды* установлены как в свободном состоянии, так и в сростании с пиритом и пирротинном, а также формируют включения в них. При этом в сфалерите установлены высокие концентрации Fe, Mn и Cd, а в галените – примесь Fe (табл. 1). *Самородное золото* (электрум) образует ксеноморфные включения в пирите и кварце, нередко со следами кристаллической огранки. Размер золотин от 0.008 до 0.11 мм. Пробность золота 613–732 ‰ (табл. 2). Отдельные частицы имеют высокопробные каймы или оторочку петровскаита. В жилах выделены две рудные минеральные ассоциации: полисульфидная (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит) и золото-серебряная (электрум, петровскаит). Руды характеризуются относительно утяжеленным изотопным составом сульфидной серы – до +4.7 ‰ $\delta^{34}\text{S}$ (VCDT).

На Лабазном рудном поле (рис. 5) слабо вскрытый эрозией шток кварцевых сиенитов и монцодиоритов викторинского комплекса сопровождается ореолом серицит-кварцевых филлизитов с прожилками и вкрапленностью пирита, халькопирита, молибденита. Они содержат **Mo** и **Zn** – до 0.1 %, **Ag** – до 1 г/т, **Au** – до 0.3 г/т. Геохимический спектр прожилково-вкрапленной минерализации **Mo-Zn-Au-Pb-Ag**. На удалении обособляются редкие маломощные (до 0.3 м) сульфидно-кварцевые жилы, которые, по данным В. Н. Панькова (1990 г.), содержат **Au** – до 22 г/т, **Ag** – до 627 г/т, **Pb** и **Zn** – до 1 %.

Рис. 5. Схема геологического строения рудопоявления Лабазное (по В. Н. Панькову, 1990 г., с упрощениями и дополнениями): 1 – рыхлые четвертичные аллювиальные отложения; 2 – игнимбриты и туфы риодацитов кедонской серии девона; 3 – субвулканические тела риолитов кедонского комплекса девона; 4 – интрузии диоритов викторинского комплекса; 5 – дайки меловых риолитов и базальтов; 6 – сульфидно-кварцевый штокверк; 7 – разломы установленные и предполагаемые; 8 – пункты минерализации золота и серебра

Fig. 5. Geological scheme of the Labaznoye ore field (after V. N. Pan'kov, 1990, simplified and amended): 1 – soft Quaternary alluvial deposits; 2 – rhyodacite ignimbrites and tuffs of the Devonian Kedon formation; 3 – rhyolite subvolcanic bodies of the Devonian Kedon complex; 4 – intrusions of Cretaceous diorites (Victorinskiy complex); 5 – dykes of Cretaceous rhyolites and basalts; 6 – sulfide-quartz stockwork; 7 – faults proved, assumed; 8 – mineralization points of Au and Ag



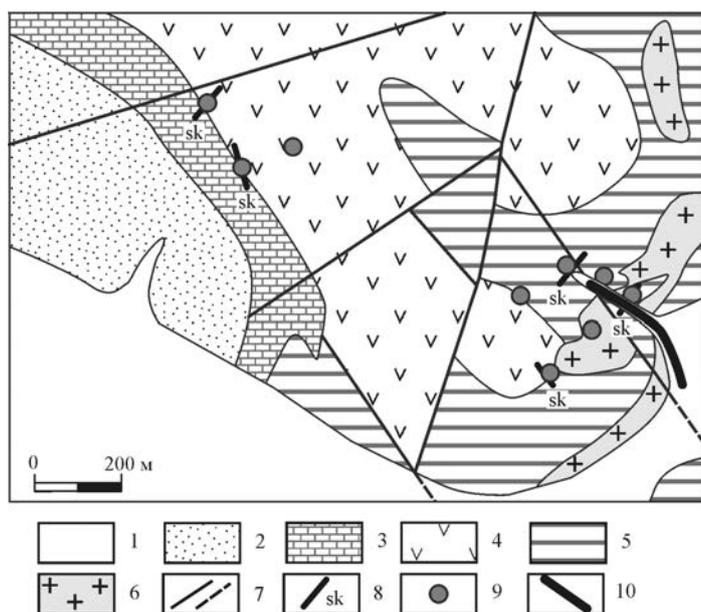


Рис. 6. Схема геологического строения рудопоявления Седое (по А. Г. Егорову, 1989 г., с упрощениями и дополнениями): 1 – рыхлые четвертичные аллювиальные отложения; 2 – аргиллиты и алевролиты триаса; 3 – пермские известняки; 4 – игнимбриды и туфы риодацитов кедонской серии девона; 5 – известняки ордовика; 6 – гранодиориты викторинского комплекса; 7 – разломы достоверные и предполагаемые; 8 – скарны; 9 – пункты минерализации Ag, Pb, Zn; 10 – россыпь самородного серебра

Fig. 6. Geological scheme of the Sedoye ore occurrence (after A. G. Egorov, 1989, simplified and amended): 1 – soft Quaternary alluvial deposits; 2 – Triassic argillites and aleurolites; 3 – Permian limestones; 4 – rhyodacite ignimbrites and tuffs of the Devonian Kedon formation; 5 – Ordovician limestones; 6 – Victorinsky complex granodiorites; 7 – faults proved, ased; 8 – skarns; 9 – mineralization points of Ag, Pb, Zn; 10 – native Ag placer

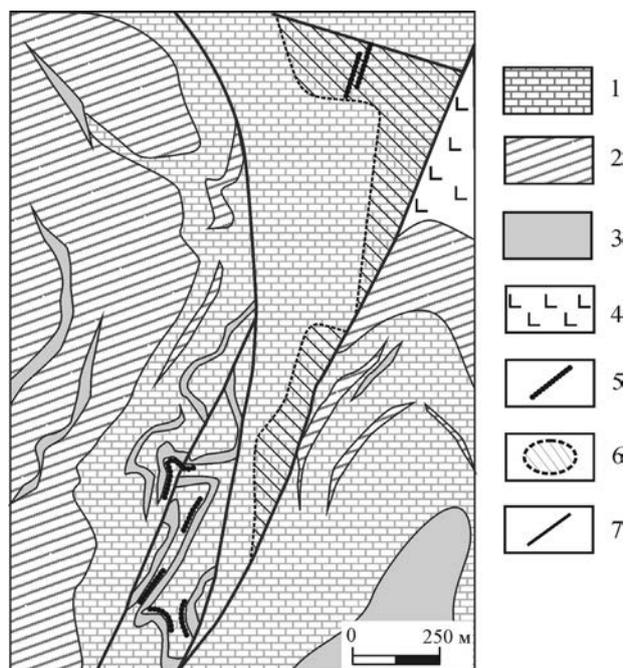


Рис. 7. Схема геологического строения рудопоявления Желты (по В. Н. Лазовичу, 1994 г., с изменениями и дополнениями): 1 – вулканогенно-терригенные и терригенно-карбонатные осадочные породы перми; 2 – экструзии трахидацитов девонского возраста; 3 – субвулканические тела риолитов мелового возраста; 4 – субвулканические тела диорит-порфиритов мелового возраста; 5 – сульфидно-карбонат-кварцевые жилы; 6 – ореолы гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов; 7 – разломы

Fig. 7. Geological scheme of the Dzhelty ore occurrence (after V. N. Lazovich, 1994, altered and amended): 1 – Permian volcanic-terrigenous and terrigenous-carbonate sedimentary rocks; 2 – Devonian trachydacite extrusions; 3 – Cretaceous rhyolite subvolcanic bodies; 4 – Cretaceous diorite-porphyrus subvolcanic bodies; 5 – sulfide-carbonate-quartz lodes; 6 – aureoles of hydromica-quartz alterations; 7 – faults

Захаренковское и Лабазное рудные поля по геологической позиции и составу руд относятся к полнопроявленной порфирово-эпитермальной рудной системе (Коваленкер и др., 2006), на нижних уровнях которой развита штокверковая медно-молибден-порфировая минерализация, а на верхних – жильная золото-серебро-полиметаллическая.

Рудопоявления *серебро-полиметаллической формации* представлены сульфидно-карбонатными жилами и прожилковыми зонами (Вулкан, Гном, Терминэ, Упрямое, Правое Визуальное), оруденелыми скарнами (Седое, Жаркое, Мрачное, Хивач). Рудопоявление Седое (см. рис. 1; 6) локализовано в интрузивно-купольной структуре,

которая сложена терригенно-карбонатными породами ордовика, перми и триаса, прорванными гранодиорит-порфирами с **U-Pb возрастом по циркону (TIMS) 86.4 ± 0.4 млн лет** (Глухов и др., 2021). Оруденение представлено кварц-сульфидно-карбонатными прожилками, рассекающими гранат-пироксеновые скарны. Рудные минералы: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, стефанит, прустит, пираргирит, самородное серебро, а также, редко – арсенопирит, леллингит, глауколот, кобальтин, алтаит, гессит, теллуризмутит, тетрадимит (Савва, 2019). Содержания золота до 8 г/т, серебра – до 197 г/т, свинца и цинка – до 1%; геохимический спектр минерализации Pb-Ag-Zn-As-Bi-W-Sb-Au-Cu-Mn. На рудопоявлениях Вулкан,

Гном, Терминэ сульфидно-карбонат-кварцевые прожилки с серебро-полиметаллической минерализацией рассекают пропилитизированные эффузивы породы кедонской серии, а также гранитоиды викторинского комплекса. Содержания серебра в рудах достигают 700 г/т, золота – 2 г/т, свинца и цинка – более 10 %, марганца – 1 %. Геохимический спектр Pb-Ag-Zn-(Au, As, Cu)-Mn. Иногда серебряносодержащие жилы и прожилки являются коренным источником мелких аллювиальных россыпей самородного серебра (Седое, Правое Визуальное; Показаньев и др., 1980; Павлов и др., 1986).

Определенной спецификой характеризуется *золото-серебряное оруденение* Конгинской зоны. Рудопроявление Джелты (рис. 7), приуроченное к силлам диорит-порфиров викторинского комплекса, по химическому составу соответствующих кварцевым монцодиоритам. Рудные тела представлены жильно-прожилковыми зонами мощностью от 2 до 20 м. Жилы и прожилки сложены мелко- и скрытокристаллическим кварцем, карбонатом и баритом. Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, блеклой рудой и электрумом (рис. 8). *Пирит* сростается с галенитом

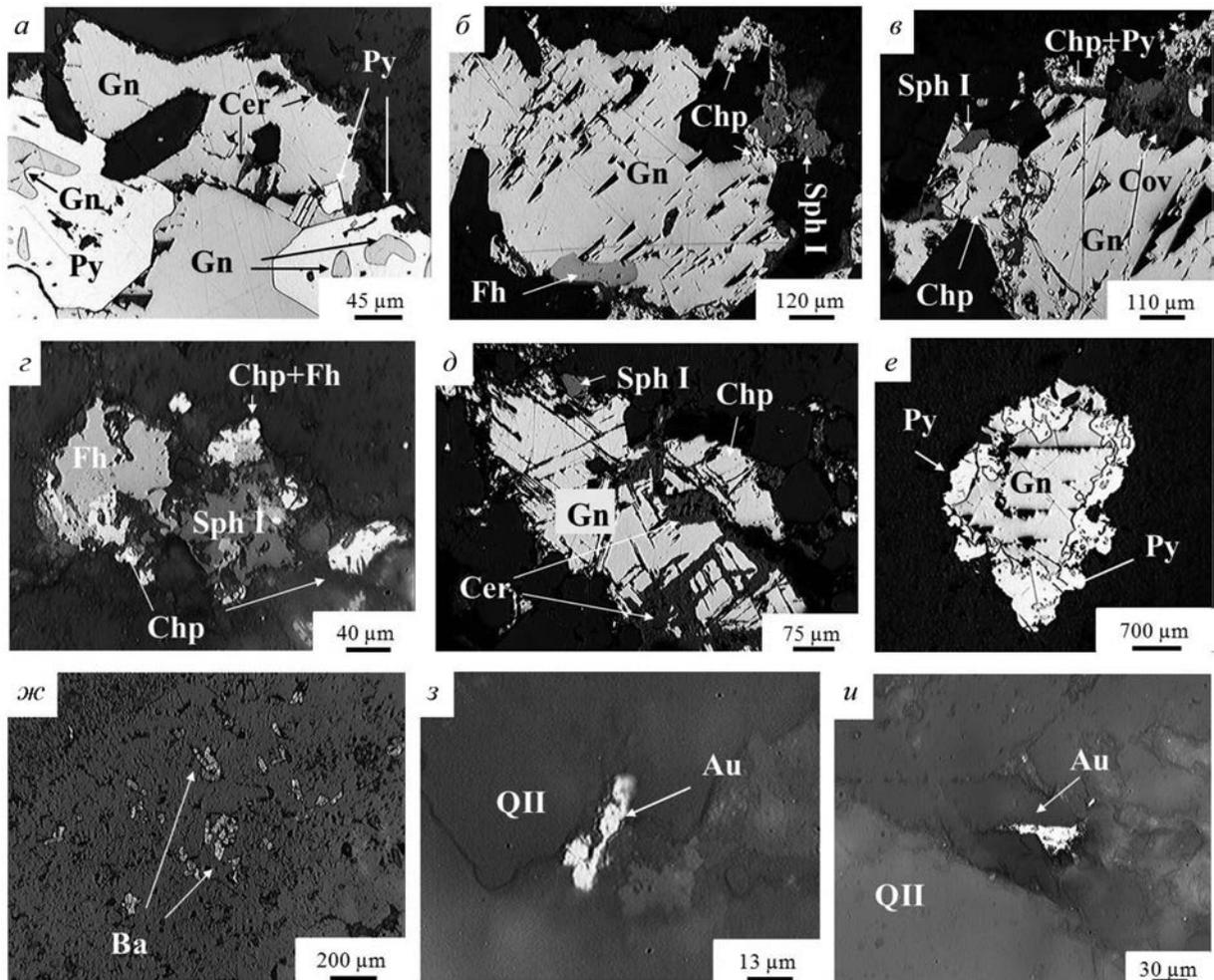


Рис. 8. Минералогия золото-серебро-полиметаллических жил рудопроявления Джелты: а – пирит в сростании с галенитом; по периферии галенита развивается церуссит; б – сростание галенита, халькопирита и сфалерита-I в галените с включением блеклой руды; в – ассоциация сфалерита-I, галенита и халькопирита; халькопирит содержит обломки раннего пирита; на контакте галенита со сфалеритом и халькопиритом развивается ковеллин; г – ассоциация халькопирита, сфалерита-I и блеклой руды; д – обособления галенита, халькопирита и сфалерита; галенит по периферии и по спайности замещен церусситом; е – галенит, заполняющий пустоты в пирите; жс – игольчатые обособления барита; з, и – микровключения самородного золота в кварце-II

Fig. 8. Mineralogy of gold-silver-polymetallic quartz lodes of the Dzhelty ore occurrence: а – intergrowth of pyrite and galena; zerussite developing at the galena periphery; б – intergrowth of galena, chalcopyrite, and sphalerite-I with an inclusion of tetrahedrite; в – paragenesis of sphalerite-I, galena, and chalcopyrite; chalcopyrite containing earlier pyrite fragments; covellite developing at the contact of galena with sphalerite and chalcopyrite; г – association of chalcopyrite, sphalerite-I, and tetrahedrite; д – isolations of galena, chalcopyrite, and sphalerite; galena replaced by zerussite at the periphery; е – galena, filling cavities in pyrite; жс – spicular isolations of barite; з, и – microinclusions of native gold in quartz-II

и сфалеритом, содержит микровключения галенита и блеклой руды. *Полисульфиды* отлагаются как в свободном состоянии, так и в сростании между собой. При исследовании на микроанализаторе установлено, что *сфалерит* характеризуется низкими примесями Fe и Cd (табл. 3). В *галените* обнаружена микропримесь Ag, а *блеклые руды* по своему составу соответствуют Ag-Fe- и Ag-Zn-тетраэдритам. Кроме того, в ассоциации с блеклой рудой обнаружена ртутьсодержащая минеральная фаза, химический состав которой – Ag – 41.54 %, Hg – 30.11 %, Zn – 11.37 %, S – 16.87 %. *Самородное золото (электрум)* образует единичные ксеноморфные включения в кварце, размером от 0.03–0.09 мм. Пробность 487–550 ‰ (см. табл. 3).

В рудах установлены две минеральные ассоциации: 1) пирит-карбонат-барит-кварцевая, 2) золото-блеклорудно-полисульфидная. Содержания золота до 9.7 г/т, серебра – до 1913 г/т. Характерны высокие, иногда превышающие 1 %, концентрации свинца и цинка. Геохимический

спектр оруденения Ag-Pb-Au-As-Sb-Zn-Mo. Руды характеризуются близким к метеоритному, изотопным составом сульфидной серы – с +0.3 ‰ d³⁴S (VCDT). Близкое геологическое строение и состав руд имеет рудопроявление Кораргычан. По современной классификации (Sillitoe, Hedenquist, 2003) данные объекты относятся к среднесульфидированному типу эпитептермальной минерализации («Intermediate Sulfidation» – IS). Главные отличительные черты данного типа: ассоциация с вулканическими и субвулканическими телами кислого и среднего состава, широкое развитие карбонатов и Cu-Pb-Zn минералов в рудах, низкое отношение Au/Ag (1:10–1:100). В 6 км к югу располагается Хивачское рудное поле с серебро-полиметаллической минерализацией в жилах и залежах скарнов (Болдырев, Яранцева, 1991). Можно предположить, что рудопроявление Джелты генетически с ним связано, являясь дистальной, низкотемпературной частью данной гранитоидной рудной системы.

Таблица 3. Результаты микрозондового анализа сульфидов и самородного золота рудопроявления Джелты

Table 3. Results of microprobe analysis on sulfides and native gold from the Dzhelty ore occurrence

№ п/п	№ обр.	Сумма	Весовые концентрации, %					Формульные коэффициенты							
Пирит-I – Fe _{1.00} S _{1.99}															
			Fe	As	S		Fe	As	S						
1	93	100.42	46.95	0.00	53.47		1.01	0.00	1.99						
2	93	100.41	46.81	0.00	53.60		1.00	0.00	2.00						
3	95	99.73	46.91	0.00	52.82		1.01	0.00	1.99						
Мельниковит-пирит – Fe _{0.92} Pb _{0.12} S _{1.97}															
			Fe	Pb	S		Fe	Pb	S						
4	95	90.64	35.77	10.51	42.46		0.95	0.08	1.97						
5	95	90.46	36.00	10.26	42.88		0.95	0.07	1.98						
6	95	95.38	40.49	5.84	47.83		0.97	0.04	1.99						
Халькопирит – Cu _{0.97} Fe _{1.01} S _{2.02}															
			Cu	Fe	Pb	Zn	S	Cu	Fe	Pb	Zn	S			
7	95	100.08	33.54	30.92	0.00	0.00	35.62	0.96	1.01	0.00	0.00	2.03			
8	95	99.96	31.59	28.65	6.30	0.00	33.42	0.95	0.99	0.06	0.00	2.00			
9	117	100.05	33.99	30.92	0.00	0.00	35.14	0.98	1.01	0.00	0.00	2.01			
Сфалерит – Zn _{0.85} Fe _{0.13} S _{1.01}															
			Ag	Cu	Fe	Zn	Cd	S	Ag	Cu	Fe	Zn	Cd	S	
10	116	99.60	0.00	2.23	6.24	57.84	0.00	33.29	0.00	0.03	0.11	0.85	0.00	1.00	
11	116	99.80	0.00	0.00	7.18	58.62	0.00	34.00	0.00	0.00	0.12	0.86	0.00	1.02	
12	116	99.36	0.00	0.00	7.53	57.99	0.00	33.84	0.00	0.00	0.13	0.85	0.00	1.02	
Галенит – Pb _{1.07} S _{0.93}															
			Ag	Cu	Fe	Pb	S	Ag	Cu	Fe	Pb	S			
13	119	100.00	13.65	0.00	0.00	73.86	12.50	0.29	0.00	0.00	0.82	0.89			
14	119	100.00	17.99	0.78	0.00	68.74	12.50	0.37	0.03	0.00	0.74	0.87			
15	119	100.00	24.30	0.00	0.00	63.30	12.40	0.49	0.00	0.00	0.67	0.84			
Ag-Fe-тетраэдрит – (Ag _{3.12} Cu _{6.19/9.31} (Fe _{0.51} Zn _{1.43/1.94})Sb _{3.76/12.77} S															
			Ag	Cu	Fe	Zn	Sb	S	Ag	Cu	Fe	Zn	As	Sb	S
16	95	98.22	17.32	25.35	0.70	6.19	25.16	23.50	2.90	7.20	0.23	1.71	0.00	3.73	13.23
17	95	98.46	19.05	24.05	0.52	6.41	25.16	23.27	3.21	6.88	0.17	1.78	0.00	3.76	13.20
18	106	98.57	20.10	21.57	1.57	5.01	26.42	22.57	3.38	6.16	0.51	1.39	0.00	3.94	12.77
Самородное золото															
			Au	Ag	Au	Ag									
19	93	97.92	53.11	44.81	0.39	0.61									
20	117	98.68	49.27	49.41	0.35	0.65									
21	117	100.59	51.11	49.48	0.36	0.64									

Примечание. Аналитик Е. М. Горячева, Семебах, ЦКП СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, 2020.

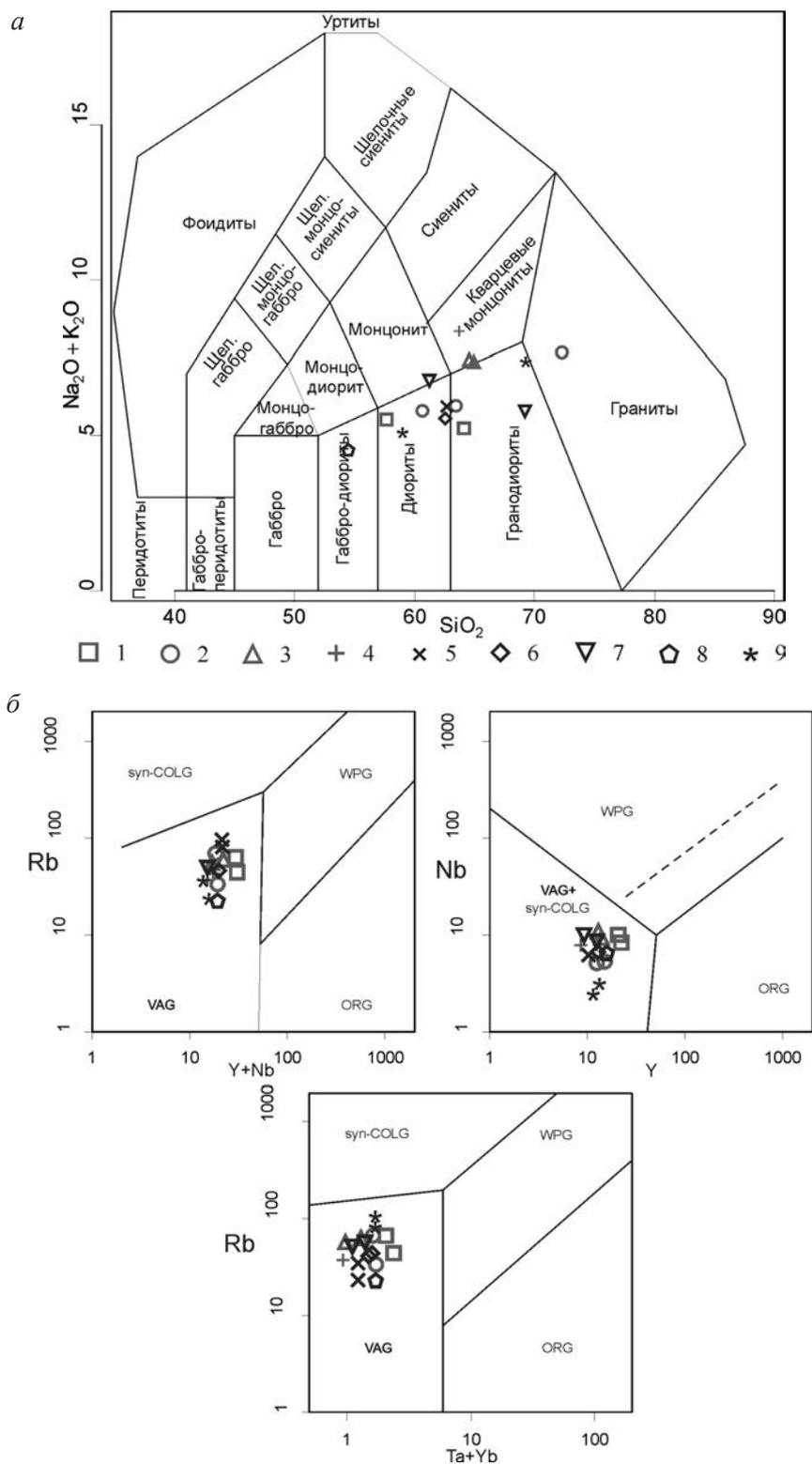


Рис. 9. Диаграмма TAS (а; Middlemost, 1994) и дискриминационные Rb/Y + Nb, Nb/Y, Rb/Ta + Yb диаграммы (б; Pearce et al., 1984) для гранитоидов месторождений и рудопроявлений Конгинской зоны (1–4) и Пенжинского сегмента ОЧВП (5–9): 1 – Захаренковское, 2 – Лабазное, 3 – Седое, 4 – Джелты, 5 – Невенрекан, 6 – Перекатное, 7 – Горное, 8 – Альдигич, 9 – Туромча. Абревиатуры составов гранитоидов на диаграмме Пирса: syn-COLG – коллизионные, WPG – внутриплитные, VAG – магматических дуг, ORG – океанических хребтов

Fig. 9. TAS (a; Middlemost, 1994) and discriminated Rb/Y + Nb, Nb/Y, Rb/Ta + Yb (b; Pearce et al., 1984) diagrams for granitoids from different deposits of the Kongin zone (1–4) and the OCVB Penzhina segment (5–9): 1 – Zakharenko, 2 – Labaznoye, 3 – Sedoye, 4 – Dzhelty, 5 – Nevenrekan, 6 – Perekatnoye, 7 – Gornoye, 8 – Al'digitch, 9 – Turomcha. Abbreviated types of granitoids on the Pearce diagram: syn-COLG – collision, WPG – intraplate, VAG – volcanic arc, ORG – ocean ridge

Для сопоставления с Конгинской зоной нами был изучен также петрогеохимический состав меловых гранитоидных интрузий Пенжинского сегмента ОЧВП, развитых на нескольких рудных объектах различного геолого-генетического типа. Это золото-серебряные месторождения Невенрекан (Прийменко и др., 2020) и Альдигич (адуляр-серицитовый тип, или низко сульфидированный по международной классификации), Туромча (алунит-кварцевый тип, или высоко сульфидированный), золото-редкометалльные месторождения Перекатное и рудопоявление Горное. Гранитоиды относятся к гармандинскому интрузивному комплексу и прорывают завершающие в данном сегменте ОЧВП игнимбриты риолитов хайчанской толщи (Русаква, 2009). Как видно на диаграммах (рис. 9), содержания главных

является характерным для зон, развивающихся поперечно к главному простиранию ОЧВП (Акинин и др., 2019). Во-вторых, в пределах Конгинской зоны серебро-полиметаллические рудопоявления намного многочисленнее, нежели золото-серебряные. В свою очередь, последние характеризуются существенно серебряным геохимическим типом (табл. 4) и высокими содержаниями Pb, что также сближает их с серебро-полиметаллическими объектами. Объясняются эти отличия, с нашей точки зрения, двумя причинами: (1) большим удалением Конгинской зоны от палеозоны субдукции на континентальной окраине, с которой было связано образование ОЧВП, и (2) влиянием докембрийского гнейсового фундамента ОМ, определившего большую «сиаличность» минерализации Конгинской зоны.

Таблица 4. Геохимические спектры месторождений и рудопоявлений Конгинской зоны и Пенжинского сегмента ОЧВП

Table 4. Geochemical spectres of ore deposits in the Kongin zone and the OCVB Penzhina segment

Месторождение, рудопоявление	Рудная формация	Au / Ag	Спектр
Конгинская зона			
Лабазное	Медно-молибден-порфировая	1:1	Mo-Zn-Au-Pb-Sb-Ag-W
Захаренко (штокверк)	–	1:1	Mo-Ag-Pb-Cu-Zn-A-gAu
Захаренко (жилы)	–	1:1	Au-Pb-Ag-W-Mo-As
Седое	Серебро-полиметаллическая	1:1000 – 1:5000	Pb-Ag-Zn-As-Bi-W-Sb
Терминэ	–	1:150	Ag-Zn-Cu-Pb-Ag-Mo
Джелты	Золото-серебряная	1:40 – 1:100	Ag-Pb-Au-As-Sb-Zn-Mo
ОЧВП			
Ирбычан	Золото-серебряная	1:50	Ag-Au-As-Sb-Mo-Pb-Cu
Невенрекан	–	1:50	Ag-Au-As-Sb-Mo-W-Cu
Ороч	–	1:100	Ag-Au-Sb-Cu-As-Pb-Zn
Аура	Серебро-полиметаллическая	1:10 000	Ag-As-Pb-Au-Zn-Sb-Mn
Дручак	–	1:1000	Zn-Ag-Pb-Au-As-W-Mn
Радуга	–	1:500	As-Ag-Au-Pb-Bi-Zn-Sb
Вулкан	–	1:500	Pb-Ag-Au-Zn-Cu-W-As

оксидов и примесных элементов пород викторинского и гармандинского интрузивных комплексов весьма близки, что вместе с данными по возрасту позволяет относить их к единому этапу магматизма ОЧВП.

ВЫВОДЫ

Ассоциирующие с оруденением гранитоиды Конгинской зоны и Пенжинского сегмента ОЧВП характеризуются сходными геохимией и возрастом. Полученные для конгинских интрузий **U-Pb датировки (Глухов и др., 2021) соответствуют** так называемому второму импульсу магматической активности ОЧВП (Акинин, Миллер, 2011; Тихомиров, 2020) с геохронологическим интервалом 94–82 млн лет. Набор рудных формаций в рудопоявлениях и месторождениях Конгинской зоны близок таковым в Пенжинском сегменте ОЧВП, но выявлен ряд отличий. В-первых, более высокие концентрации **Mo в конгинских медно-молибден-порфириновых рудах**, что

ЛИТЕРАТУРА

- Акинин В. В., Миллер Э. Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. Т. 19, № 3. С. 249–290.
- Акинин В. В., Колова Е. Е., Савва Н. Е., Горячев Н. А., Маматюсупов В. Т., Кузнецов В. М., Альшевский А. В., Ползуненков Г. О. Возраст гранитоидов и ассоциирующего молибден-порфирирового оруденения Коркодоно-Наяханской зоны, Северо-Восток России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2019. № 4. С. 3–8.
- Алексеев А. В., Коробейников С. В., Сидоров В. А. Новые данные о медно-молибден-порфирировом оруденении в пределах Омолонского массива // Рудные формации Северо-Востока СССР. Магадан : СВКНИИ, 1990. С. 157–162.
- Болдырев М. В., Яранцева Л. М. Хивачское рудное поле – один из нетрадиционных для Северо-Востока типов серебро-полиметаллического оруденения // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан : Кн. изд-во, 1991. Вып. 27. С. 276–278.

Глухов А. Н. Продуктивность золоторудно-россыпных узлов Омолонского и Приколымского террейнов (Северо-Восток Азии) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2020. № 3. С. 11–27. DOI: 10.34078/1814-0998-2020-3-11-27

Глухов А. Н., Приймченко В. В., Котов А. Б., Акинин В. В., Сальникова Е. Б., Ползуненков Г. О. Новые данные о возрасте Конгинской зоны Омолонского террейна (Северо-Восток Азии) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : Материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 05–07 апреля 2021 г. Якутск : Издат. дом СВФУ, 2021. (В печати).

Горячев Н. А., Егоров В. Н., Савва Н. Е., Кузнецов В. М., Фомина М. И., Рожков П. Ю. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива. Владивосток : Дальнаука, 2017. 312 с.

Коваленкер В. А., Борисенко А. С., Прокофьев В. Ю., Сотников В. И., Боровиков А. А., Плотинская О. Ю. Золотоносные порфирово-эпитермальное рудообразующие системы: особенности минералогии руд, флюидный режим, факторы крупномасштабного концентрирования золота // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении : тез. докладов Междунар. совещания. Новосибирск : Геос, 2006. С. 103–104.

Кузнецов В. М. Разнопорядковые структуры тектономагматической активизации в Верхояно-Чукотской складчатой области // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2006. № 2. С. 2–12.

Лычагин П. П., Дылевский Е. Ф., Ликман В. Б. Магматизм Омолонского срединного массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 7. С. 17–29.

Павлов Г. Ф., Савва Н. Е., Хорин Г. И., Теплых В. И., Товма И. Т., Жарихин К. Г., Буляков Г. Х. Самородное серебро в россыпях Северо-Востока СССР // Минералы и минеральные парагенезисы пород и руд Северо-Востока СССР. Магадан : СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 77–89.

Пак А. М. Порфиоровое оруденение Южно-Омолонского рудного района // Колыма. 2002. № 4. С. 14–18.

Показаньев В. П., Вялов А. Г., Пчелинцева Р. З. Вопросы металлогении Абкитского плутона // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан : Кн. изд-во, 1980. Вып. 25. С. 130–137.

Приймченко В. В., Глухов А. Н., Фомина М. И., Михалицына Т. И. Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au-Ag оруденения на примере месторождения Невенреккан (Магаданская область, Россия) // Вулканология и сейсмология. 2020. № 5. С. 13–25.

Русакова Т. Б. Меловой магматизм Северо-Восточного Приохотья: геолого-геохронологическая корреляция: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 2009. 43 с.

Савва Н. Е. Минералогия серебра Северо-Востока России. Москва : Триумф, 2018. 518 с.

Савва Н. Е. Серебро-арсенидная формация Омолонского срединного массива (новые данные) // Вестник Северо-Восточного научного центра РАН. 2019. № 4. С. 9–17.

Тихомиров П. Л. Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма. Москва : ГЕОС, 2020. 376 с.

Травин А. В., Юдин Д. С., Владимиров А. Г., Хромых С. В., Волкова Н. И., Мехоношин А. С., Колотилина Т. Б. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181–1199.

Фадеев А. П. Магнетитовые скарны ручья Хрустального (Омолонский массив) // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан : Кн. изд-во, 1974. Вып. 21. С. 319–321.

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.

Janoušek V., Farrow C. M., Erban, V. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit) // Journal of Petrology. 2006. 47. 1255–1259.

Ludwig K. R. Isoplot 3.00 A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley : Berkeley Geochronology Center, 2003. 70 p.

Lundington S., Plumlee G. S. Climax-type Porphyry Molybdenum Deposits. USGS Open-File Report 2009-1215. 16 p.

Middlemost E. A. K. Naming material in the magma/igneous rock system // Earth-Science Reviews. 1994. Vol. 37. P. 215–224.

Pearce J. A., Harris N. B., Tindle A. G. Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology. 1984. Vol. 25. P. 956–983.

Sillitoe R. H., Hedenquist J. W. Linkages between volcanotectonic setting, ore-fluid composition and epithermal precious-metals deposits // SEG Special Publication. 2003. 10. P. 315–343.

Поступила в редакцию 13.05.2021 г.

Поступила после доработки 24.05.2021 г.

METALLOGENY OF THE KONGIN ZONE OF THE OMOLON TERRANE (North-East Asia)

A. N. Glukhov, V. V. Priymenko, M. I. Fomina, V. V. Akinin

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

The article presents new data on geology, mineralogy, and geochemistry of porphyry-copper, gold-silver, and silver-polymetallic ore occurrences in the Kongin magmatic zone of the Omolon terrane and granitoids, associated with it. It has been demonstrated that petrology and the age of granitoids are similar to those in the OCVB Penzhina segment. Mineralization of the Kongin zone is very close

to that of the OCVB, differing in relatively high Mo in porphyry-copper ores and prevalence of silver-polymetallic mineralization over gold-silver.

Keywords: granitoids, mineralization, ore formation.

REFERENCES

- Akinin, V. V., Miller, E. L., 2011. Evolution of Calc-Alcaline Magmas of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt, *Petrology*. 19 (3), 237–277.
- Akinin, V. V., Kolova, E. E., Savva, N. E., Goryachev, N. A., Mamatyusupov, V. T., Kuznetsov, V. M., Alshevsky, A. V., Polzunenkov, G. O., 2019. Age of Granitoids and Associated Molybdenum-Porphyry Mineralization in the Korkodon-Nayakhan Zone, North-East of Russia, *Bulletin of the North-East Science Center*. 4, 3–8. DOI: 10.34078/1814-0998-2019-4-3-8 [In Russian].
- Alekseenko, A. V., Korobeynikov, S. V., Sidorov, V. A., 1990. New Data on Porphyry-Copper Mineralization within the Omolon Massif, *Ore Formation in the North-East of the USSR*. Magadan, SVKNII DVO AN USSR. 157–162 [In Russian].
- Boldyrev, M. V., Yarantseva, L. M., 1991. Khivach Ore Field – One of Silver-Lead-Zinc Mineralization Types Unconventional for the North-East, *Materials on Geology and Mineral Resources in the North-East of the USSR*. Magadan. 27, 276–278 [In Russian].
- Fadeev, A. P., 1974. Magnetite Skarns of the Khrustalny Creek (Omolon Massif), *Materials on Geology and Mineralization in the North-East of the USSR*. Magadan. 21, 319–321 [In Russian].
- Fadeyev, A. P., Rozenblum, I. S., Sosunov, G. M., Kuznetsov, V. M., 1990. Zones of Tectonic-Magmatic Activation of Mesozooids in the North-East of the USSR and Their Ore-Bearing, *Metallogeny and Ore Formations of the Continent – Ocean Transition Zone*. Magadan, SVKNII DVO AN USSR. 142–150 [In Russian].
- Franklin, J. M., Kissin, S. A., Smyk, M. C., Scott, S. D., 1986. Silver Deposits Associated with Proterozoic Rocks of the Thunder Bay District, Ontario, *Canadian Journal of Earth Sciences*. 23, 1576–1591.
- Glukhov, A. G., 2020. Productivity of Gold-Ore-Areas of the Omolon and Kolyma Terrains (Northeast Asia), *Bulletin of the North-East Science Center*. 3, 11–27. DOI: 10.34078/1814-0998-2020-3-11-27 [In Russian].
- Glukhov, A. N., Priyemenko, V. V., Kotov, A. B., Akinin, V. V., Sal'nikova, E. B., Polzunenkov, G. O., 2021. New Data on the Konginskaya Zone of Omolon Terrain (North-East Russia), *Geology and Mineral Resources in the North-East of the Russia, Materials of the 10th All-Russia Conference, April 5–7, 2021*. Yakutsk. In Press [In Russian].
- Goryachev, N. A., Egorov, V. N., Savva, N. E., Kuznetsov, V. M., Fomina, M. I., Rozhkov, P. Yu., 2017. Geology and Metallogeny of Phanerozoic Assemblages of the Omolon Microcontinent's South. Vladivostok, Dalnauka [In Russian].
- Janoušek, V., Farrow, C. M., Erban, V., 2006. Interpretation of Whole-Rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCD-kit), *Journal of Petrology*. 47, 1255–1259.
- Kovalenker, V. A., Borisenko, A. S., Prokofiev, V. Yu., Sotnikov, V. I., Borovikov, A. A., Plotinskaya, O. Yu., 2006. Gold-Bearing Porphyry-Epithermal Ore-Forming Systems: Peculiarities of Ore Mineralogy, Fluid Regime, and Factors of Gold Concentration, *Actual Problems Ore Formation and Metallogeny, Proceedings of International Conference*. Novosibirsk, Geos. 103–104 [In Russian].
- Kuznetsov, V. M., 2006. Different-Order Structures of Tectonic and Magmatic Activation in the Verkhoyansk-Chukotka Folding Area, *Vestnik NESCFEB RAS*. 2, 2–12 [In Russian].
- Ludwig, K. R., 2003. Isoplot 3.00 A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, Berkeley Geochronology Center.
- Lundington, S., Plumlee, G. S. Climax-type Porphyry Molybdenum Deposits. USGS Open-File Report 2009-1215.
- Lychagin, P. P., Dylevskiy E. F., Likman V. B., 1990. Magmatism of Omolon Massif, *Izvestiya AN USSR*. 7, 17–29 [In Russian].
- Middlemost, E. A. K., 1994. Naming Material in the Magma/Igneous Rock System, *Earth-Science Reviews*. 37, 215–224.
- Pak, A. M., 2002. Porphyry Mineralization of the South-Omolon District, *Kolyma*. 4, 14–18 [In Russian].
- Pavlov, G. F., Savva, N. E., Khorin, G. I., Teplykh, V. I., Tovma, I. T., Zharikhin, K. G., Bulyakov, G. Kh., 1986. Native Silver in Placers of North-East, *Minerals and Mineral Associations of Rocks and Ores of the North-East of the USSR*. Magadan, SVKNII DVNC AN USSR. 77–89 [In Russian].
- Pearce, J. A., Harris, N. B., Tindle, A. G., 1984. Trace Elements Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, *Journal of Petrology*. 25, 956–983.
- Pokazanyev, V. P., Vyalov, A. G., Pchelintseva, R. Z., 1980. Issues in Metallogeny of the Abkit Intrusive, *Materials on Geology and Mineral Resources in the North-East of the USSR*. Magadan. 25, 130–137 [In Russian].
- Priyemenko, V. V., Glukhov, A. N., Fomina, M. I., Mikhailitsyna, T. I., 2020. The Intrusive Phase in the Evolution of the Volcanic Structure and the Au-Ag Mineralization Exemplified by the Nevenrekan Deposit, Magadan Oblast, *Journal of Volcanology and Seismology*. 14 (5), 292–304.
- Rusakova, T. B., 2009. Cretaceous Magmatism of Northeastern Priokhotye: Geological and Geochronological Correlation. Avtoref. Dis. ... Cand. Geol.-Miner. Nauk. Vladivostok [In Russian].
- Savva, N. E., 2018. Mineralogy of Silver in Northeast Russia. Moscow, Triumph [In Russian].
- Savva, N. E., 2019. Silver-Arsenide Formation of the Omolon Massif (New Data), *Bulletin of the North-East Science Center*. 4, 9–17. DOI: 10.34078/1814-0998-2019-4-9-17 [In Russian].
- Sillitoe, R. H., Hedenquist, J. W., 2003. Linkages between Volcanotectonic Setting, Ore-Fluid Composition and Epithermal Precious-Metals Deposits, *SEG Special Publication*. 10, 315–343.
- Tikhomirov, P. L., 2020. Cretaceous Continental-Margin Magmatism in Northeast Asia and Issues in Genesis of the Largest Phanerozoic Provinces of Siliceous Volcanism. Moscow, Geos [In Russian].
- Travin, A. V., Yudin, D. S., Vladimirov, A. G., Khromykh, S. V., Volkova, N. I., Mekhonoshin, A. S., Kolotilina, T. B., 2009. Thermochronology of the Chernorudskaya Granulite Zone, Ol'khon Region, Western Baikal Area, *Geochemistry International*. 47 (11), 1107–1124.