

УДК 553. 3./4
 DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.93.05>

М. Мансуров, канд. геол.-минералог. наук, доц.,
 E-mail: mamoymansurov@mail.ru;
 Бакинский государственный университет,
 ул. З. Халилова, 23, г. Баку, AZ1148, Азербайджан

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОШКАРЧАЙСКОГО МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (МАЛЫЙ КАВКАЗ, АЗЕРБАЙДЖАН)

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. В.М. Загінітком)

Рассматриваются особенности размещения и условия формирования Кошкарчайского медно-порфирового месторождения Мурвадагского рудного района. Выяснены основные факторы концентрирования медно-порфирового оруденения в породах габбро-диорит-гранодиоритовой формации. Установлено, что структура рудного района сформировалась в результате последовательной смены нескольких этапов деформаций, сопровождающихся образованием трещиноватости в интрузивном массиве, внедрением даек, перемещением блоков по тектоническим разрывным нарушениям и выполнением трещин различными минеральными ассоциациями. Выяснено, что медно-порфировое оруденение сопряжено с широким ореолом гидротермально-измененных пород, часто с достаточно четкой рудно-метасоматической зональностью. Обобщенная колонка метасоматической зональности в масштабах рудного района и месторождений выражена в последовательной смене следующих метасоматических зон: кварцевая → калишпатовая → кварц-сернистовая → аргиллизитовая → пропиллитовая. Основываясь на структурно-морфологических особенностях, можно сказать, что оруденение на месторождении Кошкарчай – штокверково-прожилковое вкрапленного типа, в котором вкрапленности преобладают над прожилками и жилами. Главным полезным компонентом является медь. Содержание ее в пределах штокверкового тела неустойчиво и колеблется в широком диапазоне – от 0,2 до 2,5 %, составляя в среднем 0,41 %. Из ряда рудных полезных ископаемых, существенно влияющих на значимость месторождения, следует отметить молибден и благородные металлы. В некоторых интервалах среднее содержание золота составляет 2,0 г/т и более. Наряду с золотом установлено также повышенное содержание серебра, где его значение достигает 30–45 г/т, что может положительно влиять на общую ценность месторождения.

По результатам факторного анализа данных скважин выявлены геохимические ассоциации, позволяющие локализовать области развития минерализации различных стадий формирования порфиро-эпимермальной системы. Значения фактора Φ_1 коррелируют с количеством халькопирита, борнита и пирита, что дает основание связать геохимическую ассоциацию Cu (Mo, Pb, Sb) с наиболее ранней халькопирит-борнит-пиритовой минерализацией порфирового этапа формирования рудоносной структуры. Значения фактора Φ_2 , отвечающие ассоциации Mo (Cu, Pb, Co), статистически связаны с содержанием халькопирита и молибдениита, образующих основной минеральный парагенезис медь-молибден-порфирового оруденения. Проведенные исследования включений в кварце руд пирит-халькопиритовой, галенит-сфалерит-халькопиритовой стадий, термобарометрическими методами позволяют охарактеризовать флюидный режим процессов рудообразования данного месторождения. Рудообразующие гидротермальные растворы, по данным изучения флюидных включений, были хлоридно-натриевого типа, а концентрации солей варьировали от 20 до 30 мас.-%-экв. NaCl. Рудные компоненты переносились этими растворами в форме комплексных ионов, содержащих хлориды Na и K, и реже сульфаты и карбонаты. Рудообразование происходило в интервале 350–200 °C. Каждому типу минерализации соответствует вполне определенный диапазон физико-химических параметров и химического состава рудообразующего флюида. Полученные результаты позволили установить температуры гомогенизации включений и оценить температуры флюидов во время образования руд каждой стадии, а также определять концентрации основных солевых компонентов. Комплексность объектов свидетельствует о высокой перспективности медно-порфировых площадей и выделенных на них участков в ранге потенциальных рудных полей.

Ключевые слова: Кошкарчай, медно-порфир, гидротермально-метасоматические изменения, геохимические, флюидные включения, условия формирования, генетические особенности.

Введение. Медно-порфировые месторождения относятся к числу главных источников Cu, Mo, а также Au, Ag, Sn при сопутствующих Re, W, In, Pt, Pd и Se. На их долю приходится от 50 до 60 % мирового производства меди и более 95 % мирового производства Mo. Закономерности размещения и условия формирования медно-порфировых месторождений изучались многими исследователями. Многочисленные исследования таких месторождений направлены, прежде всего, на выявление особенностей их формирования в разных геодинамических обстановках, создание описательных и генетических моделей как основы действенного прогноза, поисков и оценки территорий с экономически важными минеральными месторождениями (Бортников и др., 2012; Волков и др., 2018; Наумов и др., 2016; Попов, 1977; Сафонов и др., 2006; Титли и Бин, 1984; Hedenquist and Richards, 1998; Kerrich et al., 2000; 2010; Lang and Baker, 2001; Meinert et al., 2003; Sillitoe, 2000; Sillitoe and Hart, 1984 и др.).

Мурвадаг является одним из наиболее перспективных рудных районов Малокавказского горно-складчатого сооружения и характеризуется наличием ряда месторождений и рудопроявлений, перспективных на медь, молибден, золото, свинец, цинк и другие полезные ископаемые. Здесь же располагаются несколько месторождений и рудопроявлений медно-порфирового

типа, в которых ресурсы медных руд могут быть отнесены к разряду крупных месторождений. Наиболее изученным является Кошкарчайское месторождение, где проводились разведочные работы, что позволило выделить его как весьма перспективное.

Фактические материал и методы исследования. Основу фактического материала составила коллекция образцов (около 150 штук), отобранная внутри и вокруг штокверка с прожилково-вкрапленной минерализацией и на его фланге до глубины более 500 м от дневной поверхности. В коллекцию вошли образцы, собранные из габброидов, кварцевых диоритов, кварцевых жил с галенит-сфалерит-халькопиритовой минерализацией. Из образцов изготавливались петрографические шлифы и полированные с двух сторон пластинки для исследования флюидных включений, а остальную часть этих образцов дробили и рассеивали на ситах. Атомно-абсорбционный анализ на приборе компании Perkin Elmer позволил количественно определить такие элементы, как Cu, Mo, Cr, Ni, Co, Pb, Zn, Sr, As, Bi. Геохимические данные по скважинам были обработаны в программе STATISTIKA методом факторного анализа главных компонентов (Белонин и др., 1982; Боровиков, 2013). Образцы пород исследовались методом масс-спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ISP-MS). Силикатный химический анализ проведен в лаборатории Университета

Измир, Турция. Термобарогеохимические анализы газово-жидких включений кварца разных генераций выполнялись с помощью современных высокоточных методов в аналитической лаборатории USGS Геологической службы США (г. Денвер).

Особенности геологического строения месторождения. Особенности геологического строения Кошкарчайского медно-порфирового месторождения подробно изложены в ранее опубликованных работах (Абдуллаев и др., 1988; Баба-заде и др., 1990; Геология Азербайджана, 2003, 2005; Мансуров, 2014).

Муровдагский рудный район, куда входит Кошкарчайское месторождение, являясь составной частью Лок-Карабахской палеостровной дуги (рис. 1), занимает СЗ приподнятую часть Муровдагского антиклиниория асси-

метричного строения, сложенного породами нижнебайосской вулканогенной толщи в ядре, и верхнебайосской и батской толщами базальт-андезит-риолитовой, последовательно дифференцированной формации, на крыльях. Интрузивным составляющими рудного района являются Кошкарчайский комплекс гранитоидных интрузий (Кошкардагская, Оджагдагская, Баладжа Кошкардагская) и их дайковые образования, которые прорывают мощный комплекс эфузивно-пирокластических образований, оказывая на них контактное воздействие. Интрузивные комплексы с медно-порфировым оруднением по геолого-петрологическим особенностям принадлежат к габбро-диорит-гранодиоритовой формации позднеюрско-раннемелового возраста (Абдуллаев и др., 1988; Геология Азербайджана, 2003).

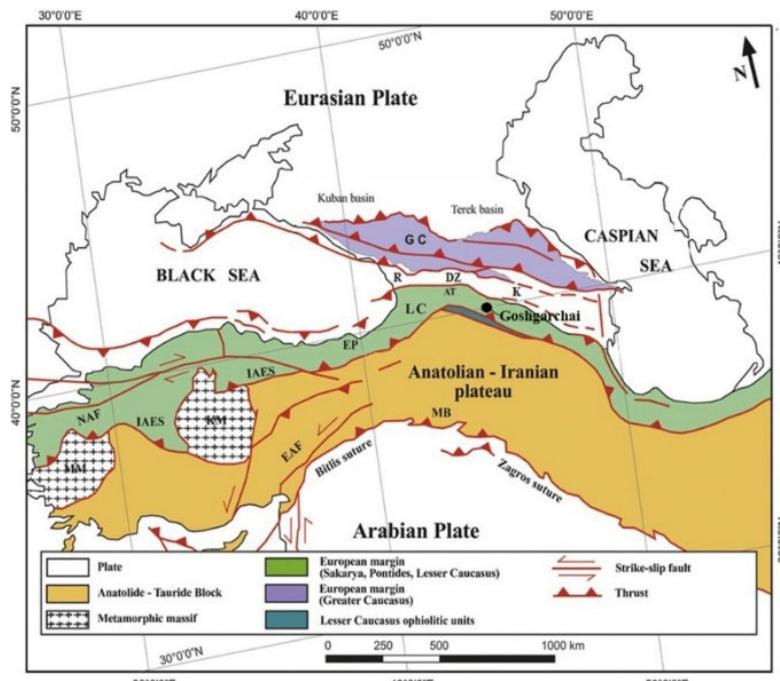


Рис. 1. Тектоническая карта зоны столкновения Аравийско-Евразийских коллизионных зон:

● – местонахождение месторождения Кошкарчай. Сокращения: GC–Большой Кавказ; LC–Малый Кавказ; AT–Ачара-Триалети; R–Рioni; Dz–Дзирула; K–Кура; MB–бассейн Mus; EP–Восточные Понтиды; KM–массив Киршехир; EAF–Восточный Анатолийский разлом; NAF–Северо-Анатолийский разлом; IAES–Измир-Анкара-Эрзинджанский шов; MM–Массив Мендерес

В рудном районе медно-порфировое оруднение охватывает Кошкарчайское, Кошкардагское, Кызылархачское, Кечалдагское, Ерик-Манукское и другие месторождения и рудопроявления, где оно находится в тесной пространственной и генетической связи с Муровдагскими гранитоидными массивами (Абдуллаев и др., 1988; Баба-заде и др., 1990). По геологическому расположению и пространственному размещению интрузивные образования Муровдагской группы разделены на Кошкардагскую и Кызылархачскую группы (Геология Азербайджана, 2003).

Пластовые тела Кызылархачского участка представлены преимущественно кварцевыми диоритами, габбро-диоритами и незначительно диоритами, габбро, базанитами. С приближением к эндоконтакту породы приобретают более основной характер. Габбро-нориты среднезернистые почти черные породы, состоящие из плагиоклаза, пироксена, оливина, а также вторичных и акцессорных минералов. Кварцевые диориты мелко среднезернистые, полноизрастлические породы, представленные, главным образом, плагиоклазами, роговой обманкой, биотитом, кварцем, иногда с примесью

пироксена, калишпата и альбита (Абдуллаев и др., 1988; Геология Азербайджана, 2003).

Химический и нормативный минеральный состав пород этих массивов с важнейшими петрохимическими характеристиками приведен в табл. 1.

Породы на классификационной диаграмме $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ занимают поле пород нормальной щелочности, что позволяет отнести их к нормальному петрохимическому ряду (рис. 2). Описываемые классификационные диаграммы породы в основном сосредоточены в габброидных полях. Из диаграммы видно, что они компактно расположены. Другие петрографические типы пород или дифференциаты расположены в полях кварцевых диоритов, и здесь по нормативному минералогическому составу содержание альбитов намного повышается, в соответствии с этим намного уменьшается содержание основных плагиоклазов (Геология Азербайджана, 2003).

Структура рудного района сформировалась в результате последовательной смены нескольких этапов деформаций, сопровождающихся формированием трещиноватости в интрузивном массиве, внедрением даек, перемещением блоков по тектоническим ра-

зрывным нарушениям и выполнением трещин различными минеральными ассоциациями. Непосредственно рудоподводящими являются субширотная или общекавказская ориентировка нарушенений, а разрывы СВ простирации, оперяющие Гошгарчайский разлом со стороны его висячего бока, являются рудолокализующими структурами, что объясняется: 1) расположением рудных зон в

лежачем боку; 2) одинаковым направлением падения рудных зон и разломов при более крутых углах последних; 3) локализацией рудных зон преимущественно в мелких системах трещин и нарушениях локального значения; 4) приуроченностью к главным разломам субвулканических тел и даек, зон интенсивных гидротермальных изменений пород и вкрапленной сульфидной минерализации (Геология Азербайджана, 2005).

Таблица 1

Химический состав пород магматических комплексов Муревдагского антиклиниория

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	48.17	50.91	51.05	51.6	53.18	52.51	52.16	51.85
TiO ₂	0.54	0.5	0.46	1.03	0.37	1.47	0.45	1.69
Al ₂ O ₃	19.62	17.77	19.1	16.88	16.49	17.88	21.87	17.46
Fe ₂ O ₃	10.25	3.8	3.45	3.76	5.75	2.86	3.15	4.46
FeO	3.05	5.5	5.01	4.43	5.08	5.06	4.85	4.82
MnO	0.12	0.1	0.13	0.08	0.09	0.04	0	0.12
MgO	3.42	6.02	5.7	5.4	4.2	3.92	3.44	5.01
CaO	12.13	10	9.22	10.78	9.64	9.49	5.4	8.03
Na ₂ O	2.26	2.55	3.43	3.64	4.52	3.44	4.54	3.73
K ₂ O	0.78	0.7	0.4	0.6	0.56	0.75	2.88	0.71
P ₂ O ₅	0	0	0.04	0	0	0	0	0
I	0.43	2.07	1.06	2.11	0.61	2.36	1.65	2.04
Σ	100.8	99.92	99.05	100.3	100.5	99.78	100.4	99.92

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	51.36	50.58	50.47	49.93	48.95	48.28	54.39	58.19	56.6	58.04	60.29	62.34
TiO ₂	0.28	0.63	0.3	0.5	0.29	0.4	0.65	0.65	0.47	0.1	0.42	0.24
Al ₂ O ₃	16.56	12.38	18.16	12.99	16.67	21.79	14.38	18.23	16.51	15	15.62	13.84
Fe ₂ O ₃	7.19	10.5	5.06	7.51	9.19	5.39	6.76	2.24	2.5	5.67	3.36	4.41
FeO	6.22	7.42	4.62	8.89	4.36	3.61	5.05	2.64	4.95	4.09	3.72	2.72
MnO	0.11	0.14	0.05	0.13	0.1	0.08	0.05	0.1	0.14	0	0.05	0
MgO	2.81	3.97	5.41	3.35	5.05	4.01	5.04	3.68	4.7	2.3	2.8	3.1
CaO	10.32	9.62	7.14	10.54	10.65	6.12	6.96	7.14	7.1	6.94	5.36	8.66
Na ₂ O	3.35	3.11	3.42	4.07	2.72	3.89	2.29	3.97	3.2	3.3	3.47	6.2
K ₂ O	0.37	0.73	0.89	0.6	0.59	1.89	1	1.22	1.12	1.83	1.32	0.49
P ₂ O ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	2.21	1.74	4.01	2.05	1.28	4.27	3.1	1.31	2.2	3.03	2.3	0.87
Σ	100.8	100.8	99.53	100.6	99.85	99.73	99.67	99.37	99.58	100.3	98.71	102.9

	21	22	23	24	25	26	27	28	29
SiO ₂	68.62	67.63	67.96	67.8	66.4	69.65	68.26	67.48	73.11
TiO ₂	0.2	0.55	0.26	0.25	0.28	0.38	0.38	0.38	0.38
Al ₂ O ₃	16.33	15.37	15.11	16.81	16.99	14.5	14.64	14.9	13.15
Fe ₂ O ₃	1.95	2.02	2.29	2.27	2.22	1.74	1.8	1.69	2.16
FeO	2.53	2.57	1.46	1.99	1.76	1.55	1.29	1.87	0.97
MnO	0.1	0.1	0.06	0.01	0.08	0.08	0.05	0.06	0.05
MgO	0	1.05	1.76	1.79	2.42	1.72	1.88	2.69	1.65
CaO	4	3.53	5.15	3.6	4.28	5.1	4.82	4.21	0.81
Na ₂ O	3.65	3.66	3.29	2.61	3.45	2.97	3.45	3.37	6.02
K ₂ O	2.18	2.49	1.38	1.48	1.73	1.26	1.64	2.69	0.6
P ₂ O ₅	0	0	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08
I	0.55	0.75	0.99	1.04	0.94	0.71	0.98	0.89	0.69
Σ	100.1	99.72	99.78	99.73	100.6	99.73	99.27	100.3	99.67

Примечание: 1–4 – габбро-нориты, 5–8 – габброиды, 9–14 – габбро, 15–20 – кварцевые диориты, 21–25 – дациты, 26–28 – риодиодиты, 29 – риолиты.

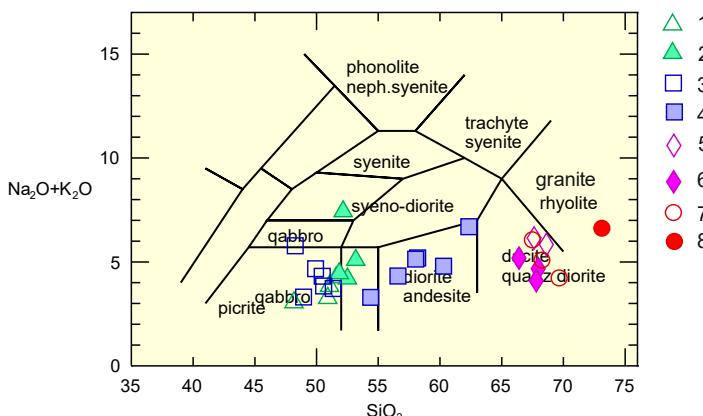


Рис. 2. Положение пород магматических комплексов на классификационной диаграмме (Na₂O+K₂O)-SiO₂ Муревдагского антиклиниория:

1 – габбро-нориты, 2 – габброиды, 3 – габбро, 4 – кварцевые диориты, 5 – гранодиориты, 6 – дациты, 7 – риодиодиты, 8 – риолиты

Кошкарчайское месторождение расположено у слияния рр. Беюк Кошкарчай и Баладжа Кошкарчай в 10–12 км к юго-западу от с. Хощбулаг. В геологическом строении Кошкарчайского месторождения принимают участие нижнебайосские вулканогенные, вулканогенно-приоклассические образования основного и среднего состава,

принадлежащие к андезит-базальтовой субформации последовательно дифференцированной базалт-андезит-риолитовой формации (рис. 3). Сложено оно в основном байосскими вулканогенными образованиями, прорванными гранитоидами Кошкарчайского массива (Геология Азербайджана, 2003).

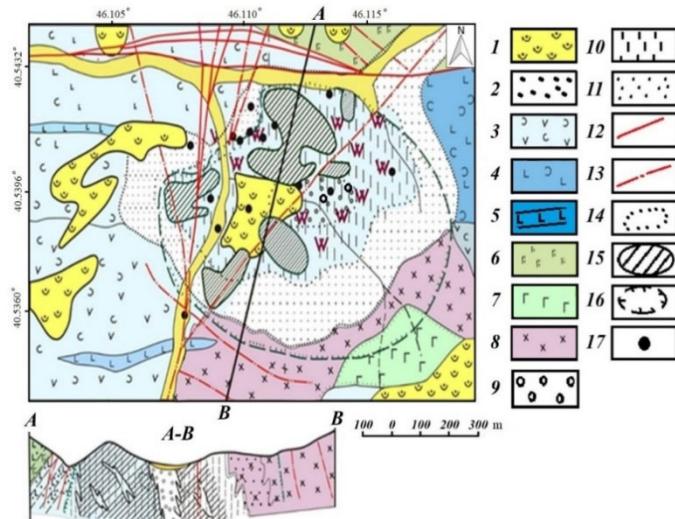


Рис.3. Геологическая карта Кошкарчайского месторождения медно-порфировых руд (Баба-заде и др., 1990):

- 1 – современные элювиально-делювиальные отложения;
- 2 – алювиальные, пролювиальные отложения;
- 3 – андезиты и их туфы;
- 4 – диабазы и их туфы;
- 5 – дайки диабазовых порфириров;
- 6 – пластовые тела габбро, габбро-пироксенитов;
- 7 – габбро, габбро-диориты;
- 8 – диориты, кварцевые диориты;
- 9-11 – фации вторичных кварцитов (9 – монокварцевая, 10 – кварц-серпентитовая, 11 – пропилитовая (хлоритизированные, окварцованные, кальцитизированные, эпидотизированные и пиритизированные породы с прожилково-вкрашенной рудной минерализацией));
- 12, 13 – разрывные нарушения (12 – региональные рудоконтролирующие, 13 – прочие);
- 14 – границы фации вторичных кварцитов;
- 15 – контуры медно-порфировых рудных тел с промышленным содержанием на поверхности;
- 16 – ореолы распространения медно-порфировых руд;
- 17 – буровые скважины

Структурно-морфологические особенности и минеральный состав месторождения. На месторождении преимущественно развиты прожилково-вкрашенные штокверковые руды. Жильный тип оруденения имеет подчиненное значение и приурочен к зонам дробления и зонам гидротермального изменения среди диабазовых порфириров. Названный тип оруденения представлен кварцевыми и карбонатными жилами и прожилками, импрегнированным пиритом, халькопиритом и молибденитом.

Штокверковое тело, слагающее центральную часть Кошкарчайского месторождения, приурочено к апикальной и периферийной частям одноименного интрузива, точнее к его эндо- и экзоконтактовой полосе, и в субширотном направлении занимает площадь около 0,8 км².

В пределах штокверка на поверхности прибрежное содержание меди составляет 0,4 %, и выделено 10 рудных столбов. Интерпретация результатов анализа керновых материалов позволяет рассматривать эти обогащенные участки как сливающиеся на глубине в единое рудное тело, образующее штокверк со сложной морфологией. Особенно сложной является поверхность штокверкового тела. В штокверке развиты трещины северо-западного (280–320°), субмеридионального (345–10°) и субширотного направлений, заполненные безрудным и кварц-сульфидным веществом (Баба-заде и др., 1990). Жилы, представленные кварц-карбонатными заливителями, имеют субширотное простирание. Они приурочены к зонам дробления мощностью 30–60 м среди диабазовых порфириров.

Наиболее интенсивная рудная минерализация наблюдается в центральной части штокверка, которая по мере удаления от центра к краевым частям постепенно затухает. Контуры рудного тела извилистые и конформ-

ные в отношении морфологии рудогенерирующего порфирового интрузива. Соответственно, этим рудное тело аналогично интрузиву и имеет юго-западного склонение.

Главным полезным компонентом является медь. Содержание ее в пределах штокверкового тела неустойчиво и колеблется в широком диапазоне – от 0,2 до 2,5 %, составляя в среднем 0,41 %. Из ряда рудных полезных ископаемых, существенно влияющих на значимость месторождения, следует отметить молибден и благородные металлы. В некоторых интервалах среднее содержание золота составляет 2,0 г/т и более. Наряду с золотом установлено также повышенное содержание серебра, где его значение достигает 30–45 г/т, что может положительно влиять на общую ценность месторождения.

Основываясь на структурно-морфологических особенностях можно сказать, что оруденение на месторождении Кошкарчай – штокверково-прожилковое вкрашенного типа, в котором вкрашенности преобладают над прожилками и жилами.

В месторождениях минеральный состав руд не отличается большим разнообразием и характеризуется в основном мелкими размерами рудных минералов, их тесными срастаниями. В результате изучения полированных шлифов в рудах были определены следующие рудные минералы: пирит, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, мельниковит – пирит, марказит-пирит, марказит, блеклая руда, кобальт-пирит, энаргит, галенит, кобальтин, молибденит, висмутин, борнит, ильменит, гематит, хромшпинелит, халькоzin, ковеллин, малахит, азурит, лимонит и др. Из них главными рудными минералами месторождения являются халькопирит, борнит, пирит, молибденит, тенантит, халькоzin, энаргит, само-

родная медь, золото и рутил. Жильные минералы представлены кварцем, кальцитом, эпидотом, каолинитом, серицитом, хлоритом, биотитом, мусковитом и др. (Баба-заде и др., 1990; Монгуш и Лебедев, 2013; Мансуров, 2014).

Результаты исследования и их обсуждение. Рудно-метасоматическая зональность. Изучение многих месторождений, особенно гидротермального происхождения, показывает, что проявление зональности минералов и химических элементов в рудных телах неразрывно связано с зональностью окорудных метасоматитов (Омельяненко, 1978). Характерными в этом отношении являются медно-порфировые месторождения, в которых наиболее отчетливо проявляются горизонтальные и вертикальные составляющие зональности в размещении как рудогенных элементов, так и различных формациях метасоматитов (Березина и др., 1995; Полов, 1977). Метасоматическая зональность месторождения свидетельствует о соответствии модели типичного объекта медно-порфировой рудной формации. Как и на многих месторождениях этого типа, внешняя зона измененных пород представлена пропилитами, промежуточная – кварц-сериицитовыми метасоматитами и аргиллизитами, а внутренняя – существенно кварцевыми метасоматитами (Мигачев и др., 1984; Марущенко и др., 2015; Мансуров и др., 2018).

В процессе становления Кошкарчайского массива отделение металлоносных флюидов было неоднократным, что и привело к формированию вначале связанной с ранней фазой обширной зоны пропилитизации, а затем – наложенных зон калиевого, кварц-сериицитового и кварцевого метасоматоза и аргиллизации, обусловленных воздействием более кислых по составу поздних фаз. Образование большой части промышленного медно-молибден-порфирового оруденения произошло вслед за внедрением порфиров ранней генерации. С поздней фазой порфиров связано переотложение ранее образовавшихся руд и формирование богатых скоплений в виде прожилково-вкрапленных штокверковых руд, ориентированных в широтном направлении в трещинной зоне Кошкарчайского разлома (Мансуров, 2013). Поздняя фаза порфиров была рудоносной в гораздо меньшей степени, чем первая. Она сопровождалась интенсивным окварцеванием, что и привело к образованию в центральной части месторождения "кварцевого ядра". К северу от него развита кварц-сериицитовая зона с богатыми медно-молибден-порфировыми рудами, затем следует пропилитовая с преимущественно прожилковой пиритовой минерализацией. Кварц-сериицитовые метасоматиты располагаются как внутри ореола биотит-калишпат-кварцевых пород, так и непосредственно над ними и сопровождают порфировые оруденение (Баба-заде и др., 1990; Марущенко и др., 2015; Сотников и др., 1988).

Из основных характеристик для построения моделей медно-порфировых месторождений типичным является набор зональных метасоматических изменений, имеющих непосредственную корреляцию с участками, богатыми рудой. Наиболее яркие примеры: калиевые, кварц-сериицитовые вторичные изменения, расширенная аргиллизация и пропилитизация (Lowell and Guilbert, 1970). Обычно гипогенные расширенные аргиллитовые изменения образуются относительно поздно в процессе образования порфировой системы, но могут начинаться и довольно рано (Sillitoe, 2010). Детальными исследованиями порфировых месторождений было установлено, что ранние калиево-силикатные вторичные изменения (КПШ ± биотит ± магнетит с кварцевыми жилами) порфировых систем образованы в условиях высоких температур (400–600°C), при участии сильно минерализованных

флюидов магматического происхождения (Марущенко и др., 2015; Lowell and Guilbert, 1970; Sillitoe, 1996). А уже представляющие следующий этап более поздние серицитовые жилы ассоциируют с более холодными и менее минерализованными водами (Hedenquist and Richards, 1998; Sheppard et al., 1971).

В пределах месторождения мощность зон метасоматически измененных пород составляет от нескольких метров до десятков, а иногда даже сотен метров (в узлах пересечения разноориентированных разрывов). Протяженность их измеряется от 500–1000 до 2000–3000 м. Вокруг рудогенерирующих интрузивов выделяются три постепенно сменяющие друг друга в пространстве метасоматические зоны в виде эллипса, окаймляющие интрузивный массив порфирового сложения (Баба-заде и др., 1990). Внутренняя зона, охватывающая эндоконтактовую и апикальную части порфировой интрузии, представлена интенсивно окварцованными, почти нацело преобразованными во вторичные кварциты, породами. Кварцевое ядро, обычно характерное для многих порфировых интрузивов с медно-порфировой минерализацией, на данном месторождении не отмечается, и можно лишь предполагать его наличие в центральной, не вскрытой эрозией части интрузива. Внутренняя зона представлена вторичными кварцитами светло-серого цвета с многочисленными прожилками кварца поздних генераций. Судя по минеральному составу, данная зона соответствует кварц-сериицитовой фации вторичных кварцитов.

Средняя зона представлена кварц-сериицит-хлоритовой фацией вторичных кварцитов. Минеральный состав зоны представлен, в основном, кварцем, хлоритом и серицитом, в ней присутствуют также эпидот, кальцит и пирит. Зона занимает значительную площадь длиной 0,5 км при ширине 200–400 м. На эту фацию отчетливо накладывается медно-порфировая минерализация прожилково-вкрапленного типа. Наиболее интенсивное ее развитие характерно именно для кварц-сериицит-хлоритовой фации вторичных кварцитов, фиксирующих зоны повышенной трещиноватости.

Третья, внешняя зона метасоматической колонки, представлена пропилитовой фацией вторичных кварцитов. Минеральный состав данной фации представлен хлоритом, эпидотом, цоизитом, альбитом, серицитом, а также пиритом. В этой зоне, которой венчается метасоматическая колонка, изредка выделяются незначительные рудные интервалы, чаще жильного типа, характеризующиеся повышенным содержанием меди.

На основании петрохимических данных исследованы и сопоставлены вторичные изменения вмещающих пород в зонах различных типов метасоматитов, образованных в процессе формирования медно-порфировых месторождений. Установлено, что медно-порфировое оруденение сопряжено с широким ореолом гидротермально-измененных пород, часто с достаточно четкой рудно-метасоматической зональностью. Обобщенная колонка метасоматической зональности в масштабах рудного района и месторождений выражена в последовательной смене следующих метасоматических зон: кварцевая → калишпатовая → кварц-сериицитовая → аргиллизитовая → пропилитовая (Мигачев и др., 1984; Марущенко и др., 2015; Мансуров и др., 2018).

Исходя из выше отмеченного, можно сделать вывод, что медно-порфировая минерализация была сформирована в форме кольца вокруг интрузивного тела кварцдиоритового состава, которое прорывает более древние вулканиты. Таким образом, именно более древние вулканиты, интенсивно гидротермально-измененные, служат рудовмещающей средой для рудной минерализации.

Геохимические особенности рудообразующих систем. В основу изучения геохимической особенности медно-порфировых систем Муродагского рудного района легли результаты химического анализа керна скважин (табл. 2) на глубине в среднем до 280 м. Геохимические данные по скважинам были обработаны в программе STATISTIKA методом факторного анализа главных компонентов (Белонин и др., 1982; Боровиков, 2013). В результате проведенной обработки были получены три

фактора, отражающие корреляционные связи между четырнадцатью рудными элементами (табл. 3).

Элементы согласно весам, группируются в факторы или геохимические ассоциации, которые могут быть сопоставлены с минеральными парагенезисами основных стадий рудоотложения (Белонин и др., 1982; Николаев и др., 2016). Соотнесение геохимических и минеральных ассоциаций подтверждается коэффициентами корреляции между факторным анализом элементов и содержанием сульфидов по данным опробования керна скважин (табл. 3, 4).

Таблица 2

Результаты химических анализов по основным рудогенным элементам

№	Cu	Mo	Pb	Zn	Sb	As	Ni	Co	Ti	V	Cr	Bi	Ba	Sr
G-72	105	0.9	11.1	83.7	0.59	1.9	2.2	0.61	667	127	1260	0.12	50.2	39.9
G-73	248	0.83	5.52	1120	0.42	1.4	20.8	21	689	120	1340	0.06	170	42.4
G-74	149	0.77	3.68	130	0.45	2	534	84.9	891	151	1530	0.07	57	35.6
G-75	88.4	2.2	51.8	173	0.95	2	321	59.2	1230	202	1520	0.13	106	69.7
G-76	104	0.45	3.64	77.2	0.21	4.1	519	85.8	886	161	1780	0.06	59.2	29.9
G-77	66.2	0.69	3.88	124	0.2	<1	539	88.7	949	156	2210	0.06	93.5	30.6
G-78	334	1.3	68.1	636	0.88	4.6	597	95.2	770	159	2260	0.1	582	41.1
G-79	116	0.67	3.08	68.8	0.26	2.2	492	83.7	990	196	2360	0.06	120	33.7
G-80	214	2.1	13	90	1.1	5.6	17.9	17.4	6750	102	261	0.14	864	699
G-82	49.6	1	7.91	60.1	0.22	4.9	26.8	20.2	2520	323	203	0.06	48.8	50
G-84	15000	4.6	6.71	106	1	5.9	34.9	9.5	1300	180	719	0.88	456	240
G-85	10900	4.5	9.5	49.6	2.1	12.6	34.8	8.4	819	123	738	0.44	95.7	249
G-86	20300	4.2	6.93	79.3	1.2	7.5	46.4	13.2	1090	158	251	0.32	353	196
G-87	1350	7.2	6.78	35.3	0.52	1.3	15	10	1160	92.2	421	0.08	112	290

Примечание: G-72, G-73, G-74, G-79 – габбро; G-80 – диорит; G-82 – базальт; G-75, G-76, G-77 – андезит, G-78 – вторичный кварцит; G-85 – медно-порфировая руда; G-84, G-86, G-87 – рудный вторичный кварцит. Образцы пород исследовались методом масс-спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ISP-MS). Аналитические исследования выполнялись в аналитической лаборатории USGS Геологической службы США (г. Денвер)

Таблица 3

Результаты факторного анализа геохимических данных методом главных компонентов

Элементы	Факторы		
	Ф1	Ф2	Ф3
Cu	-0,49629	0,284595	-0,7402
Mo	-0,2031	0,113155	-0,84754
Pb	0,976721	0,0241	-0,13388
Zn	0,400452	0,033848	0,685826
Sb	1,060658	0,05588	-0,00529
As	1,263956	0,121979	-0,15025
Ni	1,359442	0,311581	-0,07493
Co	1,194637	0,13958	0,497577
Ti	-0,77459	-2,781	-0,87924
V	-0,75298	-1,01647	2,852318
Cr	-1,49069	1,745758	0,530589
Bi	-0,94606	0,882604	-0,60155
Ba	-0,95203	0,335893	0,055853
Sr	-0,64012	-0,2515	-1,1893

Примечание: полужирный шрифт – значимые значения факторных нагрузок

Таблица 4

Корреляция между содержанием сульфидов и значениями факторов по данным опробования керна скважин

Минералы	Факторы		
	Ф1	Ф2	Ф3
Халькопирит	0,94983	0,123226	0,088395
Борнит	0,959018	0,042407	0,129709
Сфалерит	-0,30861	-0,84415	0,003185
Галенит	0,057914	0,007864	0,994674
Пирит	0,903098	0,29171	-0,07573
Молибденит	-0,61712	0,555844	0,042269
Собственные значения	3,116917	1,123695	1,021545
Факторные нагрузки	0,519486	0,187282	0,170258

Значения фактора Ф1 коррелируют с количеством халькопирита, борнита и пирита, что дает основание связать геохимическую ассоциацию Cu (Mo, Pb, Sb) с наиболее ранней халькопирит-борнит-пиритовой минерализацией порфирового этапа формирования рудно-сростной структуры. Значения фактора Ф2, отвечающие

ассоциации Mo (Cu, Pb, Co), статистически связаны с содержанием халькопирита и молибденита, образующих основной минеральный парагенезис медь-молибден-порфирового оруденения (Белонин и др., 1982; Николаев и др., 2016). Графики зависимости Ф1 и Ф2 по результатам факторного анализа показаны на рис. 4.

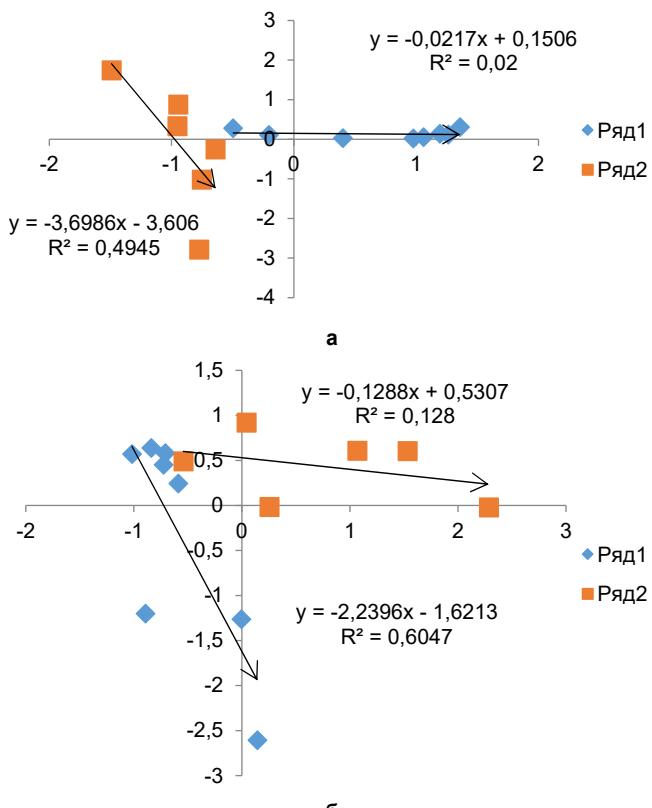


Рис. 4. Графики зависимости Φ_1 (а) и Φ_2 (б) по результатом факторного анализа

Анализ графиков показывает, что в процесс рудообразования были вовлечены продукты двух различных условий, которые привели к перераспределению элементов и их концентрации: гидротермальные рудообразующие флюиды (ряд 1) и химические элементы из окружающих пород, вовлеченные в процесс метасоматоза (ряд 2).

По результатам факторного анализа данных опробования скважин выявлены геохимические ассоциации, позволяющие локализовать области развития минерализации различных стадий формирования порфирово-эпiterмальной системы. Диапазон значений вертикальной геохимической зональности по отдельным разрезам месторождения позволяет оценить уровень эрозионного среза проявлений в порфирово-эпiterмальной системе (Боровиков и др., 2009; Николаев и др., 2016).

Условия формирования. Исследования флюидных включений. В последнее время значительное внимание уделяется исследованиям особенностей влияния магматических систем на рудообразующие процессы. Для решения данных проблем все больше используется анализ флюидных включений, позволяющий получать прямую информацию о физико-химических параметрах магматических процессов. В случае медно-порфировых месторождений изучение включений в кварцевых вкрапленниках дало возможность получить значительный объем информации о рудно-магматических системах (Реддер, 1987; Dietrich et al., 1999; Campos et al., 2002; Lehmann, 2004; Davidson and Kamenetsky, 2007; Davidson and Kamenetsky, 2005).

Применение метода термобарогеохимии предусматривает установление последовательности захвата флюидных включений в минералах магматических пород рудно-магматических систем и в различных минеральных ассоциациях месторождений, реконструкцию по флюидным включениям таких параметров как температура, соленость, газосодержание и металлоносность флюидов,

ответственных за рудообразование, установление природы металлоносных растворов (Ермаков и Долгов, 1979; Реддер, 1987; Бортников и др., 2004; Наумов и др., 2016; Хоменко и др., 2016; Гибшер и др., 2018).

Флюидные включения в минералах, связанные с рудой, включая Си-сульфаты и кварц, показывают, что рудообразующий флюид может иметь минерализацию 2–5 вес.% NaCl экв., хотя может иметься заметное увеличение минерализации с глубиной до 20–30 вес.% NaCl экв. ниже рудной зоны (Бортников и др., 2004; Борисенко и др., 2017; Хоменко и др., 2016; Гибшер и др., 2018). Это пространственное разделение слабо минерализованных гидротерм, связанных с рудами высокосульфитизированных месторождений над более минерализованными гидротермами в недрах системы, отличается от повышенной минерализации гидротерм, которые располагаются в более глубинных медно-порфировых месторождениях, где гиперминерализованные рассолы существуют со слабо минерализованным парам. Это различие может быть обусловлено высокой плотностью рассола, который не может легко подняться на малые глубины (Hedenquist and Richards, 1998; Williams et al., 1995; Cooke et al., 2005).

О физико-химических условиях формирования месторождений исследуемого района можно судить по газово-жидким включениям. Нами применены методы гомогенизации и декриптизации включений в кварце, галените, сфалерите и халькопирите во всех последовательных стадиях минералообразования, что позволяет проследить характер изменения температурного режима растворов в пространстве и во времени. Изучено 15 образцов из жил и прожилков месторождений и рудопоявлений Муродагского рудного района, представляющих разные типы минеральных ассоциаций. Среди изученных флюидных включений в соответствии с известными критериями (Реддер, 1987) в зернах кварца были выделены три генерации флюидных

включений: I – первичные, находящиеся внутри кварцевых зерен с залеченными трещинами; II – первично-вторичные, не выходящие за пределы границ кварцевых зерен; III – вторичные, приуроченные к залеченным трещинам. К первичным отнесены флюидные включения, равномерно распределенные в объеме минерала-хозяина либо приуроченные к зонам роста. Вторичными считались включения, приуроченные к секущим минерал-хозяин трещинам. Первично-вторичные флюидные включения приурочены к трещинам не достигающим внешних границ кристаллов и зерен, а по фазовому наполнению аналогичны первичным включениям (Реддер, 1987; Николаев и др., 2016).

Флюидные включения разделены на следующие типы (рис. 5): существенно водные ($\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}} + \Gamma$), существенно газовые ($\Gamma > \text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}}, \Gamma$) и водно-углекислотные ($\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}} \pm \text{Ж}_{\text{CO}_2} \pm \Gamma_{\text{CO}}$). Для микротермометрических

исследований отбирались пригодные для изучения первичные и первично-вторичные флюидные включения размером от 4 до 33 мкм. По фазовому составу при комнатной температуре все флюидные включения двухфазовые, газово-жидкие, заполнены водно-солевым раствором. В среднекристаллическом продуктивном кварце были обнаружены первичные и первично-вторичные флюидные включения, размером 22–17 мкм, пригодные для микротермометрических исследований. Флюидные включения имеют удлиненную, реже округлую форму, распространены неравномерно, преимущественно по зонам роста, реже группами. В сфалерите флюидные включения имеют удлиненную форму, распространены немногочисленными группами вдоль плоскостей спаенности и имеют два фазовых газово-жидких включения водно-солевых растворов (Наумов и др., 2016; Волков и др., 2018).

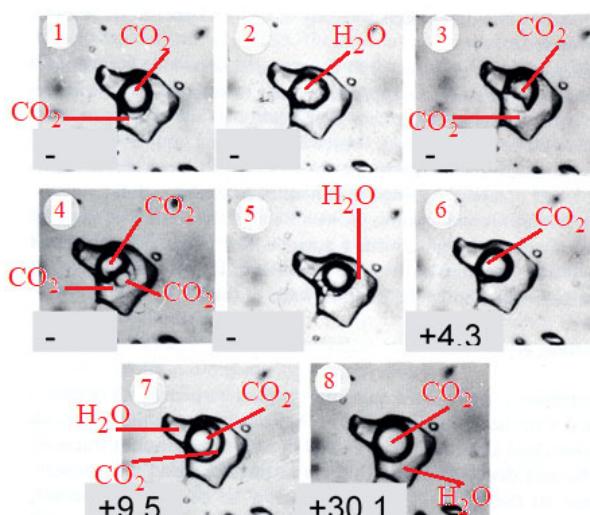


Рис. 5. Типы флюидных включений в кварце рудных прожилков месторождений и рудопроявлений Мурвадагского рудного района: многофазовые включения высокотемпературных хлоридных рассолов (1–3); содержания водных растворов и газов (4–6) и двухфазовые газово-жидкие флюидные включения (7, 8)

Формирование первой, самой высокотемпературной стадии, характеризующейся наличием кварцевых жил с крупночешуйчатым молибденитом и пиритом, протекало в температурном интервале 300–350 °C. Гомогенизация сингенетических включений происходила по первому типу. Соотношение ж:г составляет 75:25%. Температурные условия формирования минеральных ассоциаций второй стадии, представленные кварцем, мелкочешуйчатым молибденитом, пиритом и халькопиритом, были выявлены при исследовании включений в кварце. Гомогенизация первичных включений происходит по первому типу в температурном интервале 230–300 °C. Кристаллизация минералов третьей – галенит-сфалерит-халькопиритовой стадии, происходит в интервале температур 200–260 °C. Проведенные исследования показали, что гидротермальное рудоотложение в пределах Мурвадагского рудного района происходит в широком интервале температур (350–200 °C). Каждому типу минерализации соответствует вполне определенный диапазон физико-химических параметров и химического состава рудообразующего флюида (Reynolds and Beane, 1985).

Для выявления источника рудообразующих растворов по стадиям минералообразования месторождений Мурвадагского рудного района использовались данные по изотопному составу серы, сульфидов и состава газовой фазы гидротерм рудоносной кварц-пирит-халькопиритовой и кварц-халькопиритовой. Установлено

направленное фракционирование изотопов серы в сторону обогащения сульфидов легким изотопом от ранней продуктивной стадии рудоотложения к поздней, как следствие закономерного увеличения окислительного потенциала гидротермальной системы. Сульфиды, завершающие рудный процесс кварц-сфалерит-халькопиритовой стадии, характеризуются заметным обогащением тяжелым изотопом серы δS^{34} с довольно узким диапазоном вариации δS^{34} от +0,1‰ до +0,7‰. Близкое значение $\delta^{34}\text{S} = +10\text{?}0\text{‰}$ показал и пирротин из ореола рассеянной сульфидной минерализации с фланга штокверка. Полученные изотопные данные серы сульфидов (+0,1‰ до +0,7‰) значительно тяжелее интервала значений ($\delta^{34}\text{S} = 0\pm35\text{‰}$), приписываемого магматической сере (Ohmoto and Rye, 1979; Taylor, 1986; Goldfarb et al., 1991). Обогащенная тяжелым изотопом сера могла образоваться при гидролизе сульфидов, содержащихся во вмещающих осадочных породах (Ohmoto and Rye, 1979). При этом не наблюдается характерных различий в соотношениях изотопов серы в пирите из вкрапленности в окородных измененных породах, из прожилков во вмещающих породах и пирите из наиболее обогащенных частей минерализованных зон (Goldfarb et al., 1991). Таким образом, допускается, что имелся единый источник серы пиритов, образованных в сходных условиях, а отсутствие сульфатов в непосредственной ассоциации с сульфидами, сравнительно однородный изотопный состав пирита, наконец, отсутствие направленного разделения изотопов в ходе

рудообразующего процесса, указывают на гомогенизацию тяжелой серы при определенных высокотемпературных условиях (Ohmoto and Rye, 1979; Taylor, 1986).

Рудообразующие гидротермальные растворы, по данным изучения флюидных включений, были хлоридно-натриевого типа, а концентрации солей варьировали от 20 до 30 мас.% экв. NaCl. Рудные компоненты переносились этими растворами в форме комплексных ионов, содержащих хлориды натрия и калия, и реже сульфаты и карбонаты. Рудообразование происходило в интервале 350–200 °C (Полов, 1977; Титли и Бин, 1988; Серафимовский и др., 2010).

Месторождения медно-порфиревых руд, исследуемого рудного района, в большинстве случаев характеризуются незначительным уровнем эрозионного среза, о

чем можно судить по анализу фаций и мощностей осадочных и осадочно-вулканогенных пород и их палеотектонических реконструкций, по фациям глубинности изверженных пород, по наличию низкотемпературных контактовых минералов (эпидот, цоизит, альбит, хлорит и др.). Все это свидетельствует о том, что вскрыты лишь верхние части интрузивных массивов и пространственной связанных с ними медно-порфиревых месторождений. Диапазоны значений этого показателя позволяют составить модель горизонтального и вертикального сечения Кошкарчайского медно-порфиревого месторождения (рис. 6, 7). Месторождение характеризуется верхнерудным уровнем среза, эптермальная минерализация сохранена здесь наиболее полно, и на глубине прогнозируется существенный объем медно-порфиревых руд.

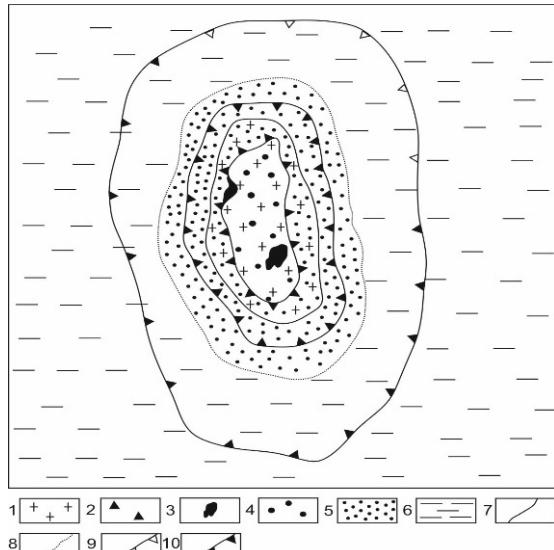


Рис. 6. Модель горизонтального сечения Кошкарчайского медно-порфиревого месторождения:

- 1 – рудоносный порфировый интрузив;
- 2 – эксплозивные брекчии;
- 3 – зона кварцевого ядра;
- 4 – зона калишпатизации;
- 5 – зона окварцевания и серицитизации;
- 6 – пропилитизированные породы интрузивной рамы;
- 7 – рудоносная порфировая интрузия;
- 8 – зоны окварцевания и серицитизации;
- 9 – ореолы интрузивной пиритизации;
- 10 – промышленные руды

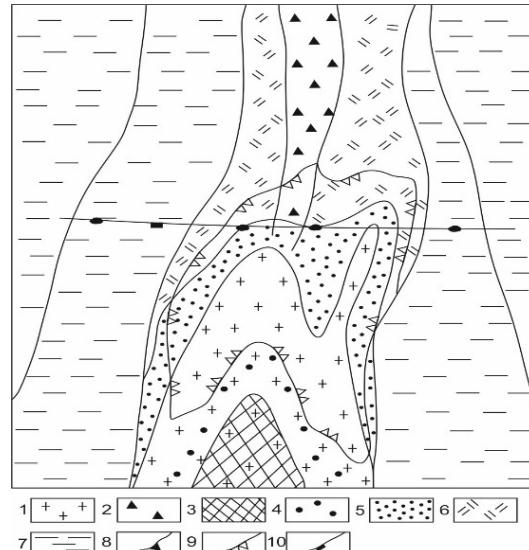


Рис. 7. Модель вертикального сечения Кошкарчайского медно-порфиревого месторождения:

- 1 – рудоносный порфировый интрузив;
- 2 – брекчива трубка;
- 3 – кварцевое ядро;
- 4 – зона предполагаемой калишпатизации;
- 5 – зона окварцевания и серицитизации;
- 6 – зона аргиллизации;
- 7 – пропилитизированные породы интрузивной рамы;
- 8 – границы ореола интенсивной пиритизации;
- 9 – контуры промышленных руд;
- 10 – положение эрозионного среза

Главными составляющими моделей являются вмещающая рама (фанеритовые интрузивы), малые порфиревые тела типа штоков и даек (локализующиеся, как правило, в зонах развития рудоконтролирующих структур и пространственно тесно увязывающиеся с оруденением), брекчевые тела, рудные тела, рудно-метасоматическая зональность (Полов, 1977; Титли и Бин, 1984; Павлова и Сахновский, 1988). Модель учитывает известные представления о характере зависимости между оруденением, малыми порфиревыми интрузиями и локально распространенными рудоносными гидротермалитами (Баба-заде и др., 1990; Берзина и др., 1995; Берзина и Борисенко, 2008; Волков и др., 2006).

Выводы.

1. Мурвадагский рудный район представляет собой перспективную площадь на медно-порфиревые, а также золоторудные и полиметаллические руды.

2. Интрузивные комплексы с медно-порфиревым оруденением по геолого-петрологическим особенностям принадлежат к габбро-диорит-гранодиоритовой формации позднеюрско-раннемелового возраста. Характерными элементами интрузивов являются Cu, Pb, Zn, Ag, Mo.

3. Обобщенная колонка метасоматической зональности в масштабах рудного района и месторождения выражена в последовательной смене следующих зон: кварцевая → калишпатовая → кварц-сертицитовая → аргиллизитовая.

4. Флюидные включения в минералах, связанные с рудой, включая Cu-сульфаты и кварц, показывают, что рудообразующий флюид может иметь минерализацию 2–5 вес.% NaCl экв., хотя может иметься заметное увеличение минерализации с глубиной до 20–30 вес.% NaCl экв. ниже рудной зоны.

5. Гидротермальное рудоотложение в пределах Мурвадагского рудного района происходит в широком интервале температур (350–200 °C). Каждому типу минерализации соответствует вполне определенный диапазон физико-химических параметров и химического состава рудообразующего флюида.

6. Сульфиды, завершающие рудный процесс кварц-сфalerит-халькопиритовой стадии, характеризуются заметным обогащением тяжелым изотопом серы δS^{34} с довольно узким диапазоном вариации δS^{34} от +0,1‰ до +0,7‰. Полученные изотопные данные серы сульфидов

(+0,1% до +0,7%) значителю тяжелее интервала значений ($\delta^{34}\text{S} = 0\pm35\%$), приписываемого магматической сере.

7. По результатам факторного анализа данных скважин выявлены геохимические ассоциации, позволяющие локализовать области развития минерализации различных стадий формирования порфиро-эпимеральной системы. Диапазон значений вертикальной геохимической зональности по отдельным разрезам месторождения позволяет оценить уровень эрозионного среза проявлений в порфиро-эпимеральной системе.

8. Комплексность объектов свидетельствует о высокой перспективности медно-порфировых площадей и выделенных на них участков в ранге потенциальных рудных полей.

Список использованных источников

- Абдуллаев, Р.Н., Мустафаев, Г.В., Мустафаев, М.А. (1988). Мезозойские магматические формации Малого Кавказа и связанное с ними эндогенное оруденение. Баку: Элм.
- Баба-заде, В.М., Махмудов, А.И., Рамазанов, В.Г. (1990). Медно- и молибден-порфировые месторождения. Баку: Азернешр.
- Белонин, М.Д., Голубева, В. А., Скублов, Г.Т. (1982). Факторный анализ в геологии. Москва: Недра.
- Берзина, А.П., Борисенко, А.С. (2008). Си-Мо порфировое оруденение и мантийные плюмы. Докл. АНРФ, 422, 655–659.
- Берзина, А.П., Добрецов, Н.Л., Сотников, В.Н. (1995). Эволюция медно-молибденовых рудно-магматических систем Центрально-Азиатского складчатого пояса. *Доклады Российской академии наук*, 342(1), 73–75.
- Борисенко, И.Д., Боровиков, А.А., Борисенко, А.С., Гаськов, И.В. (2017). Физико-химические условия формирования руд Самолазовского месторождения золота (Центральный Алдан). *Геология и геофизика*, 58 (12), 1915–1927.
- Боровиков, А.А., Лапухов, А.С., Борисенко, А.С., Сереткин, Ю.В. (2009). Химические условия формирования эпимерального Асачинского Au-Ag месторождения (Ю. Камчатка). *Геология и геофизика*, 50 (8), 897–909.
- Боровиков, В.П. (2013). Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. Учебное пособие для вузов. Москва: Гардия линия-Телеком.
- Бортников, Н.С., Симонов, В.А., Богданов, Ю.А. (2008). Флюидные включения в минералах из современных сульфидных построек: физико-химические условия минералообразования и эволюция флюида. *Геология рудных месторождений*, 46 (1), 74–87.
- Волков, А.В., Савва, Н.Е., Колова, Е.Е., Прокофьев, П.Ю., Муралиов, К.Ю. (2018). Au-Ag эпимеральное месторождение Двойное (Чукотка, Россия). *Геология рудных месторождений*, 60 (1), 590–609.
- Волков, А.В., Савва, Н.Е., Сидиров, А.А. (2006). Закономерности размещения и условия образования Си-Ау-порфировых месторождений Северо-Востока России. *Геология рудных месторождений*, 48 (6), 512–539.
- Геология Азербайджана. (2003). Магматизм. Баку: изд-во Nafta-Press.
- Геология Азербайджана. (2005). Тектоника. Баку: изд-во Nafta-Press.
- Гибшер, Н.А., Томиленко, А.А., Сазонов, А.М., Бульбак, Т.А., Хоменк, М.О., Рябуха, М.А., Шапаренко, Е.О., Сильянов, С.А., Некрасова Н.А. (2018). Рудоносные флюиды золоторудного месторождения Эльдорадо (Енисейский кряж, Россия). *Геология и геофизика*, 59 (8), 1220–1237.
- Ермаков, Н.П., Долгов, Ю.А. (1979). Термобарогеохимия. Москва: Недра.
- Мансуров М.И. (2014). Модели рудно-магматических систем медно-порфировых месторождений Гошгарчайского рудного поля (Малый Кавказ, Азербайджан). *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*, 4 (47), 29–42.
- Мансуров, М.И. (2013). Геолого-генетическая модель Гошгарчайской рудно-магматической системы Мурводагского поднятия (Малый Кавказ, Азербайджан). *Известия Национальной академии наук Азербайджана. Науки о Земле*, 4, 16–22.
- Мансуров, М.И., Сафари, М.Г., Каландаров, Б.Г., Керимов, В.М., Мамедова, А.Г. (2018). Зональность оруденения и метасоматитов в медно-порфировых месторождениях Гошгарчайской рудно-магматической системы (Малый Кавказ, Азербайджан). *Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской Академии Естественных Наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых*, 41(1), 38–53.
- Марущенко, Л.И., Бакшеев, И.А., Нагорная, Е.В., Читалин, А.Ф., Николаев, Ю.Н., Калько, И.А., Прокофьев, В.Ю. (2015). Кварц-серцитовые метасоматиты и аргиллизиты Au-Mo-Cu месторождения Песчанка (Чукотка). *Геология рудных месторождений*, 57 (3), 239–252.
- Мигачев, И.Ф., Шишаков, В.Б., Сапожников, В.Г., Каминский, В.Г. (1984). Рудно-метасоматическая зональность медно-порфирового месторождения на Северо-Востоке СССР. *Геология рудных месторождений*, 26 (5), 91–94.
- Монгуш, А.-Д.О., Лебедев, В.И. (2013). Ак-Сугское медно-молибден-порфировое месторождение: вещественный состав пород и руд. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии*
- естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений, 1 (42), 22–29.
- Наумов, Н.Б., Гирнис, А.В., Дорофеева, В.А., Коваленкер, В.А. (2016). Концентрация рудных элементов в магматических расплавах и природных флюидах по данным изучения включений в минералах. *Геология рудных месторождений*, 58 (4), 367–384.
- Николаев, Ю.Н., Бакшеев, И.А., Прокофьев, В.Ю., Нагорная, Е.В., Марущенко, Л.И., Сидорина, Ю.Н., Читалин, А.Ф., Калько, И.А. (2016). Au-Ag минерализация порфиро-эпимеральных систем Баймской зоны (Западная Чукотка, Россия). *Геология рудных месторождений*, 58 (4), 319–345.
- Омельяненко, Б.И. (1978). Околорудные гидротермальные изменения пород. Москва: Недра.
- Попов, В.С. (1977). Геология и генезис медно-молибден-порфировых месторождений. Москва: Наука.
- Прокофьев, В.Ю. (1998). Типы гидротермальных рудообразующих систем (по данным исследования флюидных включений). *Геология рудных месторождений*, 6, 514–528.
- Реддер, Э. (1987). Флюидные включения в минералах. Москва: Мир.
- Серафимовский, Т., Стефанова, В., Волков, А.В. (2010). Карликовые медно-золото-порфировые месторождения Бучим-Дамъян-Бородольского рудного района (Македония). *Геология рудных месторождений*, 52 (3), 203–220.
- Сотников, В.И., Берзина, А.П., Калинин, А.С. (1988). Обобщенная генетическая модель рудно-магматических систем медно-молибденовых рудных узлов. В Оболенский, А.А., Сотников, В.И., Шарапов, В.Н. (Ред.) Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука.
- Титли, С.Р., Бин Р.Е. (1984). Медно-порфировые месторождения. Генезис рудных месторождений. Москва: Мир.
- Хоменко, М.О., Гибшер, Н.А., Томиленко, А.А., Бульбак, Т.А., Рябуха, М.А., Семенова Д.В. (2016). Физико-химические параметры и возраст формирования Васильковского золоторудного месторождения (Северный Казахстан). *Геология и геофизика*, 57 (12), 2192–2217.
- Campos, E., Touret, J.L.R., Nikogosian, I., Delgado, J. (2002). Cu-bearing magas in the Zaldivar porphyry Cu deposit, Northern Chile. *Geodynamic consequences. Tectonophysics*, 345 (1–4), 229–251.
- Cooke, D.R., Hollings, P., Walche, J.L. (2005). Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100 (5), 801–816.
- Davidson, P., Kamenetsky, V.S. (2007). Primary aqueous fluids in rhyolitic magmas: Melt inclusion evidence for pre-and post-trapping exsolution. *Chemical Geology*, 237 (3–4), 372–383.
- Dietrich, A., Lehmann, B., Wallianos, A., Traxel, K. (1999). High copper and silver abundances in melt inclusions of Bolivian tin porphyry systems. Rotterdam, Brookfield: A.A. Balkema, 337–339.
- Goldfarb, R.J., Newberry, R.J., Pickthorpe, W.J., Gent, C.L. (1991). Oxygen, hydrogen and sulfur isotope studies in the Juneau gold belt, Southeastern Alaska: constraints on the origin of hydrothermal fluids. *Economic Geology*, 86, 66–80.
- Hedenquist, J.W., Richards, J. (1998). The influence of geochemical techniques on the development of genetic models for porphyry copper deposits, Techniques in Hydrothermal Ore Deposits Geology. Society of Economic Geology Short Course, 24–25 October, Toronto, Canada, 235–56.
- Lehmann, B. (2004). Metallogeny of the Central Andes: geotectonic framework and geochemical evolution of porphyry systems in Bolivia and Chile during the last 40 million years. Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Vladivostok: Dalnauka.
- Lowell, J.D., Guillet, J.M. (1970). Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper ore deposits. *Economic Geology*, 65, 373–408.
- Ohmoto, H., Rye, R.O. (1979). Isotopes of sulfur and carbon. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. N.Y.: Wiley.
- Reynolds, T.J., Beane, R.E. (1985). Evolution of hydrothermal fluid characteristics at the Santa Rita, New Mexico, porphyry copper deposit. *Economic Geology*, 80, 1328–1347.
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L., Taylor, H.P. Jr. (1971). Hydrogen and oxygen isotope ratios in minerals from porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 66, 515–542.
- Sillitoe, R.H. (1996). Granites and metal deposits. *Episodes*, 19, 126–133.
- Sillitoe, R.H. (2010). Porphyry Copper Systems. Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, 105, 3–41.
- Sillitoe, R.H., Hart, S.R. (1984). Lead-isotope signatures of porphyry copper deposits in oceanic and continental settings, Colombian Andes. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 48, 2135–2142.
- Taylor, B.E. (1986). Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H, and S. *Rev. Miner.*, 16, 185–225.
- Williams, T.J., Candela, P.A., Piccoli, P.M. (1995). The partitioning of copper between silicate melts and two phase aqueous fluids: An experimental investigation at 1 kbar, 800°C and 0.5 kbar, 850°C. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121, 388–399.

References

- Abdullayev, R.N., Mustafayev, G.V., Mustafayev, M.A. (1988). Mesozoic magmatic formations of the Lesser Caucasus and associated endogenous mineralization. Baku: Elm. [in Russian]

- Babazadeh, V.M., Makhmudov, A.I., Ramazanov, V.G. (1990). Copper and molybdenum porphyry deposits: Baku: Azerneshr. [in Russian]
- Belonin, M.D., Golubeva, V.A., Skublov, G.T. (1982). Factor Analysis in Geology. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Berzina, A.P., Borisenko, A.S. (2008). Cu-Mo porphyry mineralization and mantle plumes. *Reports of the Russian Academy of Sciences*, 422, 655–659. [in Russian]
- Berzina, A.P., Dobretsov, N.L., Sotnikov, V.N. (1995). Evolution of copper-molybdenum ore-magmatic systems of the Central Asian fold belt. *Reports of the Russian Academy of Sciences*, 342 (1), 73–75. [in Russian]
- Borisenko, I.D., Borovikov, A.A., Borisenko, A.S., Gaskov, I.V. (2017). Physicochemical conditions for the formation of ores at the Samolazovskoe gold deposit (Central Aldan). *Geology and geophysics*, 58 (12), 1915–1927. [in Russian]
- Borovikov, A.A., Lapukhov, A.S., Borisenko, A.S., Seretkin, Yu.V. (2009). Chemical conditions for the formation of the epithermal Asachinsky Au-Ag deposit (South Kamchatka). *Geology and Geophysics*, 50 (8), 897–909. [in Russian]
- Borovikov, V.P. (2013). A popular introduction to modern data analysis in STATISTICA. Textbook for universities. Moscow: Goryachiya liniya-Telekom. [in Russian]
- Bortnikov, N.S., Simonov, V.A., Bogdanov, Yu.A. (2008). Fluid inclusions in minerals from modern sulfide structures: physicochemical conditions of mineral formation and fluid evolution. *Geology of ore deposits*, 46 (1), 74–87. [in Russian]
- Campos, E., Touret, J.L.R., Nikogosian, I., Delgado, J. (2002). Cu-bearing magmas in the Zaldivar porphyry Cu deposit, Northern Chile. *Geodynamic processes. Tectonophysics*, 345 (1–4), 229–251.
- Cooke, D.R., Hollings, P., Walche, J.L. (2005). Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100 (5), 801–816.
- Davidson, P., Kamenetsky, V.S. (2007). Primary aqueous fluids in rhyolitic magmas: Melt inclusion evidence for pre-and post-trapping exsolution. *Chemical Geology*, 237 (3–4), 372–383.
- Dietrich, A., Lehmann, B., Wallianos, A., Traxel, K. (1999). High copper and silver abundances in melt inclusions of Bolivian tin porphyry systems. Rotterdam, Brookfield: A.A. Balkema. 337–339.
- Ermakov, N.P., Dolgov, Yu. A. (1979). Thermobarogeochemistry. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Geology of Azerbaijan. (2003). Magmatism. Baku: publishing house Nafta-Press. [in Russian]
- Geology of Azerbaijan. (2005). Tectonics. Baku: publishing house Nafta-Press. [in Russian]
- Gibsher, N.A., Tomilenko, A.A., Sazonov, A.M., Bulbak, T.A., Khomenk, M.O., Ryabukha, M.A., Shaparenko, E.O., Silyanov, S.A., Nekrasova N.A. (2018). Ore-bearing fluids of the Eldorado gold deposit (Yenisei Ridge, Russia). *Geology and Geophysics*, 59 (8), 1220–1237. [in Russian]
- Goldfarb, R.J., Newberry, R.J., Pickthorh, W.J., Gent, C.L. (1991). Oxygen, hydrogen and sulfur isotope studies in the Juneau gold belt, Southeastern Alaska: constraints on the origin of hydrothermal fluids. *Economic Geology*, 86, 66–80.
- Hedenquist, J.W., Richards, J. (1998). The influence of geochemical techniques on the development of genetic models for porphyry copper deposits, Techniques in Hydrothermal Ore Deposits Geology. Society of Economic Geology Short Course. 24–25 October, Toronto, Canada, 235–256.
- Khomenko, M.O., Gibsher, N.A., Tomilenko, A.A., Bulbak, T.A., Ryabukha, M.A., Semenova D.V. (2016). Physicochemical parameters and age of formation of the Vasilkovsky gold ore deposit (Northern Kazakhstan). *Geology and geophysics*, 57 (12), 2192–2217. [in Russian]
- Lehmann, B. (2004). Metallogeny of the Central Andes: geotectonic framework and geochemical evolution of porphyry systems in Bolivia and Chile during the last 40 million years. Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Vladivostok: Dalnauka.
- Lowell, J.D., Guilbert, J.M. (1970). Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper ore deposits. *Economic Geology*, 65, 373–408.
- Mansurov, M.I. (2013). Geological-genetic model of Goshgarchay ore-magmatic system of Murovdag uplift. (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Journal of News of ANAS. Earth Sciences*, 4, 16–22. [in Russian]
- Mansurov, M.I. (2014). Models of ore-magmatic systems of copper-porphyry of deposits of Goshgarchay ore field (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Bulletin of the Siberian department of the section of Earth Sciences of the Russian Academy Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of mineral deposits*, 4(47), 29–42. [in Russian]
- Mansurov, M.I., Safari, M.G., Kalandarov, B.G., Kerimov, V.M., Mammadova, A.G. (2018). Zonation of mineralization and metasomatites in porphyry copper deposits of the Goshgarchay ore-magmatic system (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Bulletin of the Siberian department of the section of Earth Sciences of the Russian Academy Natural Sciences. Geology, exploration and development of mineral deposits*, 41 (1), 38–53. [in Russian]
- Marushchenko, L.I., Baksheev, I.A., Nagornaya, E.V., Chitalin, A.F., Nikolaev, Yu.N., Kalko, I.A., Prokofiev, V. Yu. (2015). Quartz-sericite metasomatites and mudlilites Au-Mo-Cu from the Peschanka deposit (Chukotka). *Geology of ore deposits*, 57 (3), 239–252. [in Russian]
- Migachev, I.F., Shishakov, V.B., Sapozhnikov, V.G., Kaminsky, V.G. (1984). Ore-metasomatic zoning of a porphyry copper deposit in the North-East of the USSR. *Geology of ore deposits*, 26 (5), 91–94. [in Russian]
- Mongush, A.-D.O., Lebedev, V.I. (2013). Ak-Sug copper-molybdenum-porphyry deposit: material composition of rocks and ores. *Bulletin of the Siberian Branch of the Earth Sciences Section of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits*, 1(42), 22–29. [in Russian]
- Naumov, N.B., Girnis, A.V., Dorofeeva, V.A., Kovalenker, V.A. (2016). Concentration of ore elements in magmatic melts and natural fluids according to the study of inclusions in minerals. *Geology of ore deposits*, 58 (4), 367–384. [in Russian]
- Nikolaev, Yu. N., Baksheev, I.A., Prokofiev, V.Yu., Nagornaya, E.V., Marushchenko, L.I., Sidorina, Yu.N., Chitalin, A.F., Kalko, I.A. (2016). Au-Ag mineralization of porphyry-epithermal systems of the Baim zone (Western Chukotka, Russia). *Geology of ore deposits*, 58 (4), 319–345. [in Russian]
- Ohmoto, H., Rye, R.O. (1979). Isotopes of sulfur and carbon. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. N. Y.: Wiley.
- Omelyanenko, B.I. (1978). Near-ore hydrothermal alteration of rocks. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Popov, V.S. (1977). Geology and genesis of copper-molybdenum-porphyry deposits. Moscow: Science. [in Russian]
- Prokofiev, V.Yu. (1998). Types of hydrothermal ore-forming systems (according to the study of fluid inclusions). *Geology of ore deposits*, 6, 514–528. [in Russian]
- Redder, E. (1987). Fluid inclusions in minerals. Moscow: Mir. [in Russian]
- Reynolds, T.J., Beane, R.E. (1985). Evolution of hydrothermal fluid characteristics at the Santa Rita, New Mexico, porphyry copper deposit. *Economic Geology*, 80, 1328–1347.
- Serafimovsky, T., Stefanova, V., Volkov, A.V. (2010). Dwarf copper-gold-porphyry deposits Buchim-Damyan-Borovodolsk ore region (Macedonia). *Geology of ore deposits*, 52 (3), 203–220. [in Russian]
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L., Taylor, H.P. Jr. (1971). Hydrogen and oxygen isotope ratios in minerals from porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 66, 515–542.
- Sillitoe, R.H. (1996). Granites and metal deposits. *Episodes*, 19, 126–133.
- Sillitoe, R.H. (2010). Porphyry Copper Systems. Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, 105, 3–41.
- Sillitoe, R.H., Hart, S.R. (1984). Lead-isotope signatures of porphyry copper deposits in oceanic and continental settings, Colombian Andes. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 48, 2135–2142.
- Sotnikov, V.I., Berzina, A.P., Kalinin, A.S. (1988). Generalized genetic model of ore-magmatic systems of copper-molybdenum ore clusters. In Obolensky, A.A., Sotnikova, V.I., Sharapova, V.N. (Eds.) Ore formation and genetic models of endogenous ore formations. Under. Novosibirsk: Science. [in Russian]
- Taylor, B.E. (1986). Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H, and S. *Rev. Miner.*, 16, 185–225.
- Titley, S.R., Bean R.E. (1984). Porphyry copper deposits. Genesis of ore deposits. Moscow: Mir. [in Russian]
- Volkov, A.V., Savva, N.E., Kolova, E.E., Prokofiev, P.Yu., Muralov, K. Yu. (2018). Au-Ag epithermal deposit Dvoine (Chukotka, Russia). *Geology of ore deposits*, 60 (1), 590–609. [in Russian]
- Volkov, A.V., Savva, N.E., Sidirov, A.A. (2006). Regularities of distribution and conditions of formation of Cu-Au-porphyry deposits in the North-East of Russia. *Geology of ore deposits*, 48 (6), 512–539. [in Russian]
- Williams, T.J., Candela, P.A., Piccoli, P.M. (1995). The partitioning of copper between silicate melts and two phase aqueous fluids: An experimental investigation at 1 kbar, 800°C and 0.5 kbar, 850°C. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121, 388–399.

Надійшла до редколегії 17.12.2020

M. Mansurov, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assist. Prof.,
 E-mail: mamoy_mansurov@mail.ru;
 Baku State University,
 23 Z.Khalilov Str., Baku, AZ1148, Azerbaijan Republic

LOCATION PECULIARITIES AND EVOLUTION OF KOSHKARCHAY COPPER-PORPHYRE FIELD (LESSER CAUCASUS, AZERBAIJAN)

The paper deals with peculiarities of location and evolution features of Koshkarchay copper-porphyritic field of Murovdagh ore province. Major factors of concentration of copper-porphyritic mineralization in rocks of gabbro-diorite-granodiorite formation has been revealed. It has been established that the structure of this ore region was formed as a result of successive alteration of some deformation stages accompanied by development of fractures in intrusive massive, by dike intrusions, blocks displacements along faults and the fractures composed of various mineral associations. It has been made clear that the copper-porphyritic mineralization is related to the wide halo of hydro-thermal-deformed rocks, frequently observed with clearly outlined ore-metasomatic zones. The general column of metasomatic zonation within the limits of ore region and fields are expressed by successive alteration of the following metasomatic zones: quartz → kalifeldspat → quartz-sericite → argillized → propylitic. Based on structural-morphological features it can be stated that mineralization in Koshkarchay field is stockwork-vein deposit of embedded type in which the impregnations dominate over veins. The major useful component is copper. Its percentage within stockwork body varies within the broad range – from 0.2 to 2.5 %, with average 0.41 %. Among the mineral resources significantly impacting the importance of the field the molybdenum and precious metals can be indicated. In some intervals the average gold content is 2.0 grams/ton and higher. High silver content was also identified and its value reaches 30-45 grams/ton and this may positively impact the whole value of the field. Results of factor analysis of well data allowed identifying geochemical associations for localization of the areas of mineralization at various stages of evolution of porphyritic-epithermal system. Values of Φ_1 factor correlate with quantity of chalcopyrite, bornite and pyrite and from this it can be inferred the tie of geochemical association of Cu (Mo, Pb, Sb) to the early chalcopyrite-bornite-pyrite mineralization of porphyric stage of structure evolution. Values of Φ_2 factor referring to the association Mo (Cu, Pb, Co), statistically are related to the content of chalcopyrite and molybdenite, which are the main mineral paragenesis of copper-molybdeno-porphyritic mineralization. Thermal-pressure and chemical methods applied for researches on impregnations of ore of pyrite-chalcopyrite, galenite-sphalerite-chalcopyrite stages in quartz made it possible to describe the fluid mode of ore formation in this field. Ore-forming hydrothermal solutions by the data of researches on fluid impregnations were the chloride-sodium type, salt concentrations varied from 20 to 30 mass % – eqv. NaCl. Ore components were transferring by these solutions in a form of complex ions containing chlorides of Na and K, rarely sulfates and carbonates. Ore forming process was going under temperatures of 350-200°C. The certain range of physical and chemical parameters and chemical composition of ore forming fluid corresponds to each type of mineralization. The study results enabled us to define temperatures of homogenization of impregnations and evaluate temperatures of fluids during mineralization at each stage, as well as to define concentrations of major salt components. Complexity of targets evidence high perspectives of copper-porphyritic areas and areas outlined in a range of perspective ore fields.

Keywords: Koshkarchay, copper-porphyry, hydrothermal-metasomatic alterations, geochemical, fluid impregnations, evolution environment, genetic features.

М. Мансуров, канд. геол.-минералог. наук, доц.,
 E-mail: mamoy_mansurov@mail.ru;
 Бакинський Державний Університет,
 вул. З. Халілова, 23, м. Баку, AZ1148, Азербайджан

ОСОБЛИВОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ КОШКАРЧАЙСЬКОГО МІДНО-ПОРФІРОВОГО РОДОВИЩА (МАЛІЙ КАВКАЗ, АЗЕРБАЙДЖАН)

Розглянуто особливості розміщення та умови формування Кошкарчайського мідно-порфірового родовища Муродагського рудного району. З'ясовано основні чинники концентрування мідно-порфірового зрудення в породах габро-діорит-гранодіоритової формациї. Встановлено, що структура рудного району сформувалася в результаті послідовності зміни декількох етапів деформацій, що супроводжувалися утворенням тріщинуватості в інtrузивному масиві, епівадженням даск, переміщенням блоків по тектонічних розривах порушеннях і виконанням тріщин різними мінеральними асоціаціями. З'ясовано, що мідно-порфірове оруденення пов'язане з широким ополом гідротермально-змінених порід, часто з досить чіткою рудно-метасоматичною зональністю. Узагальнена колонка метасоматичної зональності в масштабах рудного району і родовища виражена в послідовній зміні таких метасоматичних зон: кварцова → калішпатова → кварц-серіцитова → аргілізитова → пропілітова. Грунтуючись на структурно-морфологічних особливостях, можна сказати, що зрудення на родовищі Кошкарчай – штокверково-прожилкове вкрапленого типу, в якому вкрапленості переважають над прожилками і жилами. Головним корисним компонентом є мідь. Вміст її в межах штокверкового тіла нестійкий і коливається в широкому діапазоні – від 0,2 до 2,5 %, становлячи в середньому 0,41 %. З ряду рудних корисних копалин, що істотно впливають на значущість родовища, слід зазначити молібден і благородні метали. У деяких інтервалах середній вміст золота становить 2,0 г/т і більше. Поряд із золотом встановлено також підвищений вміст срібла, де його значення досягає 30–45 г/т, що може позитивно впливати на загальну цінність родовища.

За результатами факторного аналізу даних свердловин виявлено геохімічні асоціації, що дозволяють локалізувати обласні розвитку мінералізації різних стадій формування порфірово-епітермальної системи. Значення фактора Φ_1 корелюють з кількістю халькопіриту, борніту і піриту, що дає підставу пов'язати геохімічну асоціацію Cu (Mo, Pb, Sb) з найбільш ранньою халькопірит-борніт-піритовою мінералізацією порфірового етапу формування рудноносної структури. Значення фактора Φ_2 , що відповідають асоціації Mo (Cu, Pb, Co), статистично пов'язані з вмістом халькопіриту і молібдену, що утворюють основний мінеральний парагенезис мідь-молібден-порфірового зрудення. Проведені дослідження включень у кварці руд пірит-халькопіритової, галеніт-сфalerит-халькопіритової стадій термобарохімічними методами дозволяють охарактеризувати флюїдний режим процесів рудоутворення даного родовища. Рудоутворювальні гідротермальні розчини, за даними вивчення флюїдних включень, були хлоридно-натрієвого типу, а концентрації солей варіювали від 20 до 30 мас.% екв. NaCl. Рудні компоненти переносилися цими розчинами у формі комплексних іонів, що містять хлориди Na і K, і рідше сульфати і карбонати.

Рудоутворення відбувалося в інтервалі 350–200 °C. Кожному типу мінералізації відповідає цілком певний діапазон фізико-хімічних параметрів і хімічного складу рудоутворюючого флюїду. Отримані результати дозволили встановити температури гомогенізації включень і оцінити температури флюїдів під час утворення руд кожної стадії, а також визначити концентрації основних сольових компонентів. Комплексність об'єктів свідчить про високу перспективність мідно-порфірових площ та виділених на них ділянок у ранні потенційних рудних полів.

Ключові слова: Кошкарчай, мідно-порфір, гідротермально-метасоматичні зміни, геохімічні, флюїдне включення, умови формування, генетичні особливості.