

УДК 553.3/.4

## МОДЕЛИ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОШГАРЧАЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (МАЛЫЙ КАВКАЗ, АЗЕРБАЙДЖАН)

**М.И. Мансуров<sup>1</sup>**

Бакинский государственный университет, AZ 1148, Азербайджан, г. Баку, ул. 3. Халилова, 23.

На основе анализа общегеологических данных, а также характера геофизических полей и геохимических ореолов по известным месторождениям Гошгарчайского рудного поля, связанным с Муровдагской группой интрузивов (Гошгардаг, Гошгарчай, Оджагдаг), построены модели рудно-магматических систем медно-порфиорового оруденения.

Показано, что территория Гошгарчайского рудного поля по геолого-геофизическим и геохимическим данным характеризуется верхнерудным-надрудным эрозионным срезом.

По материалам магниторазведки и электроразведки установлены скрытые части интрузий среднего и кислого составов, имеющих выходы на дневную поверхность, и слепые интрузии под вулканогенной толщей верхнего байоса.

В пределах всех поисковых участков зафиксированы аномалии основных рудных компонентов, наиболее интенсивные из них выделены в пределах рудных полей Гошгарчай и Гошгардаг. Геофизические аномалии Cu и Mo совпадают с геохимическими аномалиями.

Установлено, что для медно-порфиоровых месторождений Гошгарчайского рудного поля характерны обширные гидрохимические аномалии, выделяемые по соотношению сульфат-иона к гидрокарбонат-иону, по сумме металлов и повышенным содержаниям Cu, Mo, Zn, Ag, а также первичным ореолам Cu, Mo, Pb, Ag, совпадающие с геофизическими аномалиями ВП.

По геохимическим ореолам в пределах Гошгарчайской площади выделяется ряд моноэлементных и полиэлементных аномальных полей, перспективных на обнаружение медно-порфиорового оруденения. Комплексность объектов свидетельствует о высокой перспективности медно-порфиоровых площадей и выделенных на них участков в ранге потенциальных рудных полей.

По результатам комплексной интерпретации геофизических и геофизических материалов даны рекомендации по проведению буровых и геофизических работ в СВ части рудного поля, по прослеживанию буровыми скважинами западной части рудной залежи Гошгарчайского месторождения, срезанной одноименным разломом и смещенной в северо-западном направлении, по детальному изучению Гызылархачского и Кечалдагского проявлений медно-порфиоровых руд, расположенных на южном продолжении Гошгарчайского разлома СЗ простирания.

*Библиогр. 17 назв. Ил.3.*

*Ключевые слова: Гошгарчайское рудное поле; рудно-магматические системы; медно-порфиоровое оруденение; геолого-геофизическая и геохимическая модели.*

## MODELS OF ORE-MAGMATIC SYSTEMS OF COPPER PORPHYRY DEPOSITS OF GOSHGARCHAY OREFIELD (LESSER CAUCASUS, AZERBAIJAN)

**M.I. Mansurov**

Baku State University, 23 Z. Khalilov St., Baku, AZ 1148, Azerbaijan.

The models of ore-magmatic systems of copper porphyry mineralization have been built based on the analysis of general geological data and the nature of geophysical fields and geochemical halos by the known deposits of the Goshgarchai ore field that is related to the Murovdag group of intrusions (Goshgardag, Goshgarchai, Odzhagdag).

According to geological, geophysical and geochemical data the Goshgarchai ore field is characterized by the upper-ore and over-ore erosion.

Magnetometry and electrical prospecting data allowed to identify the hidden parts of cropping out intrusions of medium and acidic composition as well as blind intrusions under the volcanic Upper Bajocian strata.

---

<sup>1</sup>Мансуров Мамоу Ибрагим оглы, доцент кафедры геологии полезных ископаемых, тел.: +994506227175, e-mail: [mamoy\\_mansurov@mail.ru](mailto:mamoy_mansurov@mail.ru)

Mansurov Mamoy Ibrahim ogly, Associate Professor of the Department of Minerals Geology, tel.: +994506227175, e-mail: [mamoy\\_mansurov@mail.ru](mailto:mamoy_mansurov@mail.ru)

Within the boundaries of all prospecting sites, the anomalies of main ore components have been detected. The most intense ones are identified within the Goshgarchai and Goshgardag ore fields. Geophysical anomalies of Cu and Mo coincide with geochemical anomalies.

It has been found that the porphyry copper deposits of the Goshgarchai ore field are characterized with extensive hydrochemical anomalies distinguished by the ratio of the sulfate ion to hydrocarbonate ion, by the sum of metals and high concentration of Cu, Mo, Zn, Ag, as well as by the primary halos of Cu, Mo, Pb, Ag, coincident with IP geophysical anomalies.

A number of single- and poly-element anomalous fields promising for porphyry copper mineralization are detected along the transverse halos within the Goshgarchai area.

Complexity of objects is indicative of a high prospectivity of porphyry copper areas and the sites selected as potential ore fields.

According to the results of complex interpretation of geophysical and geophysical data, the author gives recommendations on carrying out drilling works and geophysical surveys in the NE part of the ore field in order to track by means of boreholes the western part of the Goshgarchai ore field, which is cut by the similarly-named fault and shifted in a northwestern direction, as well as on the detailed study of the Gyzylar-khach and Kechaldag manifestations of porphyry copper ores located on the southern extension of the Goshgarchai fault of the northwestern extension.

*17 sources. 3 figures.*

*Key words: Goshgarchai ore field; ore-magmatic systems; porphyry copper mineralization; geological and geophysical model, geochemical model.*

**Геолого-тектоническая характеристика района.** По современным представлениям ороген, который выделяется под названием Малый Кавказ, был сформирован в альпийском цикле в результате конвергентного взаимодействия Южнокавказской континентальной и Иранской океанической микроплит. В составе последней «дрейфовал» Даралагезский континентальный блок. Южнокавказская микроплита рассматривается как составная часть Евразийского континента. Края соприкасающихся отмеченных микроплит служили ареной интенсивных эндогенных процессов, давших целую группу месторождений цветных и благородных металлов. Начало континентальной коллизии знаменует собой очередной этап рудогенеза. В результате косоого взаимодействия сближающихся континентальных блоков тылы малокавказской палеодуги превратились в тектоническую брекчию, образовались разломные структуры, приведшие к декомпрессионному магмогенезу и массовому потоку к земной поверхности мантийных рудоносных флюидов, пропитывающих дробленные породы, и синхронно внедряющихся порций магматического расплава [1–3, 16, 17].

Лок-Гарабахская зона, расположенная параллельно южному борту Куринской депрессии, на западе начинается с Сомхитских гор и протягивается в восточном-юго-восточном направлении до р.Аракс. С юго-запада она ограничена крупными надвигами (Муровдагский и Гарабахский) и взбросо-сдвигами, отделяясь от Гейча-Акеринской зоны, охватывающей офиолитовый пояс.

Муровдагский антиклинорий как пограничная (Э.Ш. Шихалибейли, Р.Н. Абдуллаев и др.) структура между двумя разновозрастными структурно-формационными зонами (Лок-Гарабахской и Гейча-Акеринской) с различной историей геологического развития в основном сложен среднеюрскими вулканогенными образованиями и прослеживается в северо-западном и нередко субширотном направлении. От Лок-Гарабахской зоны он ограничивается надвиговой зоной, отвечающей пограничной шовной линии глубокого заложения. Протяженность антиклинория более 50 км при ширине 4–5 км. От соседних Шамкирского и Гей-Гельского поднятий он ограничен Кяз-Дашкесанским позднеюрским прогибом. К юго-востоку данная структура значительно расширяется [1, 6, 16].

По данным Э.Ш. Шихалибейли (1965), Лок-Гарабахская зона с начала своего заложения была расчленена на две продольные подзоны и ряд поперечных крупных структурно-формационных блоков, разделенных глубинными разломами. При этом Муровдагский антиклинорий пространственно охватывает СЗ часть южной структурно-формационной подзоны. Почти всю опоискованную площадь слагают средне-и верхнеюрские отложения. По Э.Ш. Шихалибейли (1965) они относятся к юрско-аптскому и альбско-эоценовому структурным этажам, расчленяющимся на 3 подэтажа по подошве бата, верхней юры и нижнего мела. Среднеюрские отложения на Муровдагском горст-поднятии, как и по всей Лок-Гарабахской зоне, имеют большее развитие, чем верхнеюрские, и подразделяются на нижнебайосский, верхнебайосский подъярусы и батский ярус [7, 16].

В рассматриваемом рудном поле медно-порфировое оруденение, охватывающее Гошгарчайское, Гошгардагское, Гызылархачское, Кечалдагское и другие месторождения и рудопроявления, пространственно и генетически ассоциируется с одноименными гранитоидными интрузивами. Интрузивными составляющими рудно-магматических систем (РМС) являются гошгарчайский комплекс гранитоидных интрузий (Гошгардагская, Оджагдагская, Баладжа Гошгарчайская) и их дайковые производные, прорывающие мощный комплекс эффузивно-пирокластических образований, оказывая на них контактово-термальное воздействие. Интрузивные породы представлены габбро, габбро-диоритами, диоритами, кварцевыми диоритами и порфировидными гранодиоритами (рис. 1), а также дайками габбро-диоритов, диорит-порфиритов, кварц-диорит-порфиритов [5, 8].

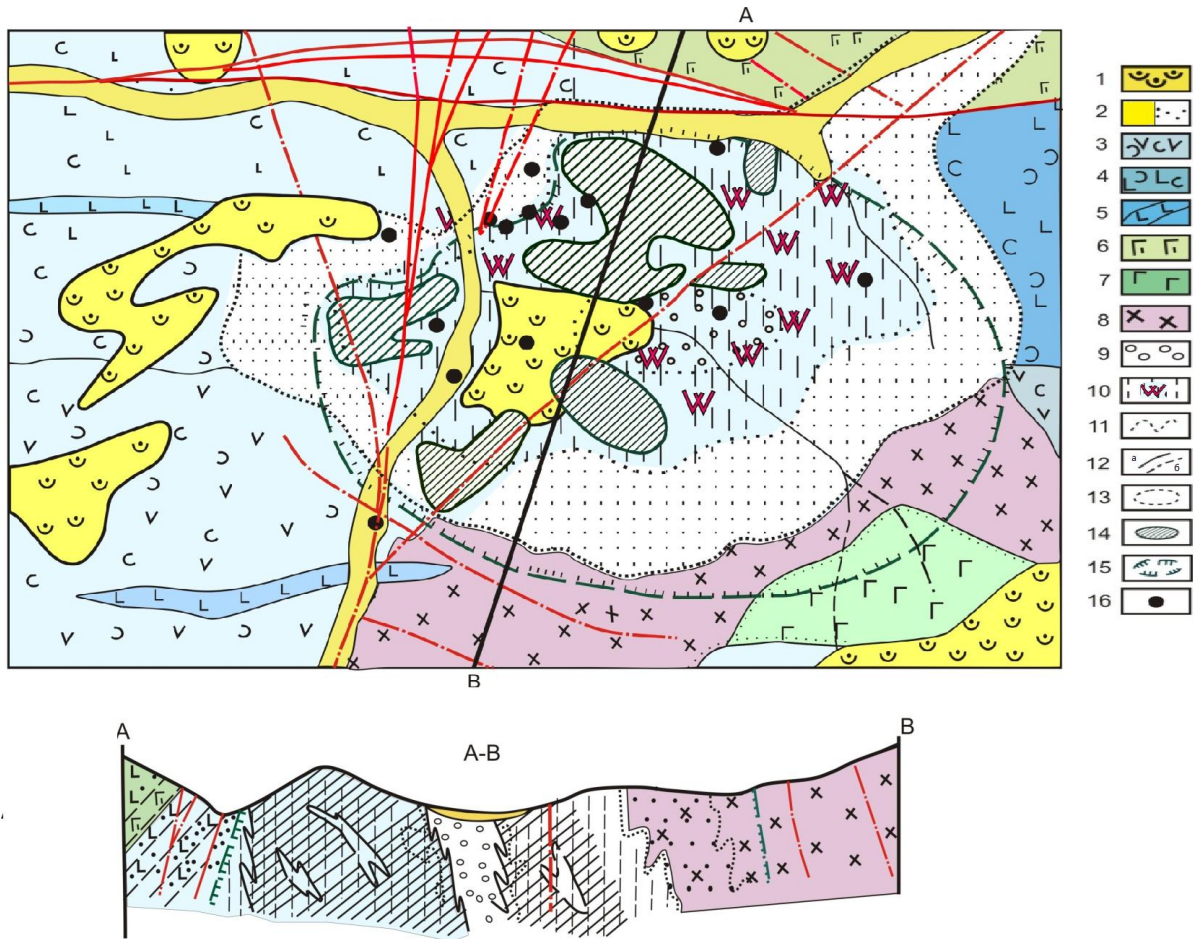
Вопрос о механизме формирования рудно-магматических систем при модельном построении, особенно в приложении к медно-порфировым ме-

сторождениям, неоднократно рассматривался в отечественной и зарубежной литературе [2, 4, 10, 11, 13, 15, 17]. Интерес к сказанному прежде всего объясняется тем, что выяснение этого механизма в значительной мере облегчит установление общих закономерностей образования этих месторождений как основу их поисков и прогнозирования. Именно в связи с этим возникает необходимость увязать в концептуальных моделях РМС порфирового оруденения разнообразную геологическую информацию, в том числе геофизические и геохимические данные, во многих случаях определяющие закономерности локализации месторождений.

**Использование геофизических и геохимических методов для составления моделей рудных систем.** Применение геофизических и геохимических методов при поисках и прогнозировании медно-порфирового оруденения позволяет получить весьма важную информацию о глубинном строении рудных узлов и рудных полей, рудоконтролирующих магматических телах, выявить зональность метасоматитов и геохимических ореолов [Баба-заде и др., 1990; Сотников, Берзина, 1986; Сотников и др. 1988]. Более того, полученная информация дает возможность дополнить ранее построенные модели более конкретными схемами медно-порфировых рудных систем, охватывающими не только геологические особенности этих систем, но и их геофизические и геохимические характеристики.

*Комплекс геофизических методов* включал магниторазведку, электроразведку, ВП (метод вызванной поляризации), и ВЭЗ ВП (вертикальное электрическое зондирование вызванной поляризации), ЧИМ (частичное извлечение металлов) [4, 5, 8, 9, 13].

По данным ВЭЗ ВП установлены направления падения локализирующих сульфидную минерализацию разрывов, вертикальный размах зон сульфидной минерализации, глубина до верхней кромки объекта, морфология предпола-



**Рис. 1. Геологическая карта Гошгарчайского месторождения медно-порфировых руд:**

1 – современные элювиально-делювиальные отложения; 2 – алювиальные, пролювиальные отложения; 3 – андезиты и их туфы; 4 – диабазы и их туфы; 5 – дайки диабазовых порфиров; 6 – пластовые тела габбро, габбро-тироксенитов; 7 – габбро, габбро-диориты; 8 – диориты, кварцевые диориты; 9–11 – фации вторичных кварцитов: 9 – монокварцевая, 10 – кварц-серицитовая, 11 – пропилитовая (хлоритизированные, окварцованные, кальцитизированные, эпидотизированные и пиритизированные породы с прожилково-вкрапленной рудной минерализацией); 12 – разрывные нарушения: 12а – достоверные, 12б – предполагаемые; 13 – границы фаций вторичных кварцитов; 14 – ореолы распространения медно-порфировых руд; 15 – контуры рудных полей; 16 – буровые скважины

гаемых рудных тел, их связь с интрузивной деятельностью площади. Оруденение пространственно связано с интрузиями средне-кислого состава, охватывая их экзо- и эндоконтакты. Вертикальная мощность зон сульфидной минерализации составляет в среднем 200–300 м, на отдельных участках превышает исследуемую глубину (300 м).

По данным магниторазведки и электроразведки установлены скрытые под вулканогенной толщей верхнего байоса интрузии среднего и кислого состава, установлено положение скрытых

частей интрузий, имеющих выходы на дневную поверхность.

В результате работ, выполненных методом ЧИМ, отмечается крайняя неоднородность рудовмещающей зоны по распределению в ней отдельных, небольших по размерам локальных ореолов с содержанием меди от 10 до 40–50 мг/мл при фоне 2–5 мг/л.

В геофизических полях установлена избирательная приуроченность медно-порфирового оруденения и оклорудных метасоматитов к аномалиям определенного знака и уровня значений.

Общими поисками комплексом геофизических методов (магниторазведка, электроразведка ВП) в масштабе 1:25 000–1: 50 000 на площади 300 км<sup>2</sup> в северо-западной части Муровдагского горст-поднятия выявлен ряд аномальных участков ВП (Гызылархач, Кечалдаг, Гошгардаг, Алханчаллы и др.). Исследования показали, что сульфидная минерализация на площади работ, потенциально перспективных по комплексу признаков на прожилково-вкрапленное медно-порфировое оруденение, соответствует участкам пород с повышенной магнитной восприимчивостью [4, 11].

В центральной и южной частях площади в пределах ореола поляризуемости отмечается повышенное содержание меди между профилями 21-25 ПК 60-78 (максимальное содержание меди 50 мкг/мл – на ПК 70), здесь же наблюдается повышенное содержание золота – 0,009 мкг/мл при фоне 0,0005 мкг/мл.

Анализируя карты изодинам и графиков магнитного поля, видим, что гранодиориты байосского этапа магматизма, обнажающиеся в окрестностях Гошгардаг, картируются отрицательными значениями  $\Delta T$ . Эта площадь оконтуривается нулевой изолинией напряженности магнитного поля. Узкие локальные минимумы магнитного поля до 500 нТл внутри этого контура объясняются неоднородностью петрографического состава массива.

Магнитные аномалии разного порядка и интенсивности соответствуют порфировым интрузивам, вулканогенным образованиям, лавовым покровам. Относительно высоким магнитным полем до 1000 нТл картируется Оджагдагский интрузив. Локальные максимумы магнитного поля напряженностью от 500 до 1000 нТл отвечают телам повышенной основности [5].

Спокойным положительным полем ( $\Delta T$  от 0 до 100 нТл) со слабыми горизонтальными градиентами картируются области развития эффузивных и

пирокластических фаций вулканитов верхнего байоса, которые представлены андезитами, андезитовыми порфиритами, дацитами, андезит-дацитами, туфами и пирокластолитами. Отложения нижнебайосского возраста характеризуются относительно повышенными ( $\Delta T$  от 0 до 200 нТл), резко меняющимися значениями поля, образуя локальные участки повышенных и пониженных полей, вытянутых в широтном направлении. Локальные максимумы магнитного поля картируют лавовые покровы более основного состава. Локальные минимумы, возможно, обусловлены процессами гидротермального воздействия.

Таким образом, с учетом отмеченной закономерности устанавливается связь этих локальных аномалий с телами не вскрытых эрозионным срезом малых интрузий кварц-диоритовых порфиритов.

Методом вызванной поляризации выявлена аномальная зона кажущейся поляризуемости интенсивностью от 10 до 15–20% при фоне 3–5%, отвечающая площади развития сульфидной минерализации, представленной на дневной поверхности в виде вкрапленников и мелких прожилков пирита, халькипирита и вторичных минералов меди, развитых по трещинам отдельности пород и в массе последних. Аномальная зона поляризуемости расположена на левом берегу р. Гошгарчай, вытягиваясь в СВ направлении по азимуту 75° более чем на 5 км к западу от границы сочленения Оджагдагского и Гошгардагского участков. Приурочена она к широкой зоне дробления и расщепления пород, развитой вдоль разрывных нарушений. Породы в пределах аномальной зоны интенсивно гидротермально изменены и превращены во вторичные кварциты. Последние наиболее широкое развитие получили в экзо- и эндоконтактах закартированного интрузивного штока кварц-диоритовых порфиритов [5,11].

Северо-восточная граница Гошгарчайской перспективной площади на медно-порфировое оруденение проведена по изолинии поляризуемости в 10%, которая довольно четко картирует площади развития вторичных кварцитов с интенсивной сульфидной минерализацией.

С целью получения информации о природе и условиях залегания аномалеобразующих объектов РМС медно-порфирового оруденения были выполнены работы по интерпретационным профилям комплексом методов: магнитная разведка, ВПСГ (метод средних градиентов), ВЭЗ ВП и ЧИМ. По данным ВЭЗ ВП установлены направления падения локализирующих сульфидную минерализацию разрывов, вертикальный размах зон сульфидной минерализации, глубина до верхней кромки объекта, морфология предполагаемых рудных тел, их связь с интрузивной деятельностью площади. Вертикальная мощность зон сульфидной минерализации составляет в среднем 200–300 м, а на отдельных участках превышает исследуемую глубину.

Кроме вышеуказанных геофизических исследований в пределах Гошгарчайского рудного поля по сети профилей 50x100 м определена электропроводимость, электрическое сопротивление и намагниченность пород.

Проведены исследования IP/RES на протяжении 33,2 км, и выполнены магнитометрические измерения на 1357 пунктах. Качество первичного материала проверено с помощью «PROSYS» с использованием программы «RES-2DINV» и «EARTH IMAGER 2D».

На исследованной территории горные породы подверглись гидротермальным изменениям и тектоническим перемещениям. Поверхностные руды окислены. Наблюдаются рудные проявления и слабые зоны с вторичным сульфидным обогащением. Аномалии, представленные рудными проявлениями, встречаются на востоке и севере терри-

тории. В кварцитах сопротивление меняется в диапазоне 500–700 ом.м. Внутри вышеуказанной структуры выявлено два параллельных разлома северо-восточного направления. В контактах между разломами возможно присутствие золота.

На территории площадью 7 км<sup>2</sup> в связи с аномалиями IP с целью выявления отношений между CuS (ковелин) и FeS (троилит) проведены магнитометрические анализы, связанные с изучением меди. Получены значения в диапазоне 5000–11000 нТ, на этой территории выявлено обогащение FeS.

Таким образом, в точках с интенсивными магнитными аномалиями отмечается железо-сульфидное оруденение.

В результате геофизических исследований выделены аномалии Cu и Mo, которые совпадают с геохимическими аномалиями (рис. 2).

По результатам комплексной интерпретации геофизических материалов рекомендуется бурение поперечных профилей буровых скважин с проведением скважиной геофизики и предварительным выполнением работ методом ЧИМ в СВ части исследованной площади.

*Геохимические характеристики* базируются на фактических данных, относящихся к более чем шести медно-порфировым рудным объектам Муроврагского рудного района.

Геохимические исследования на Гошгарчайском рудном поле показывают, что рудно-метасоматическая зональность подчеркивается также зональным размещением первичных геохимических ореолов элементов. Выделяются надрудные, околорудные и подрудные их группы. Зональность в размещении элементов отмечается и в горизонтальном разрезе. Иногда концентрация элементов в первичных геохимических ореолах увеличивается по сравнению с фоновой вмещающих пород в десятки-сотни раз. Как правило,

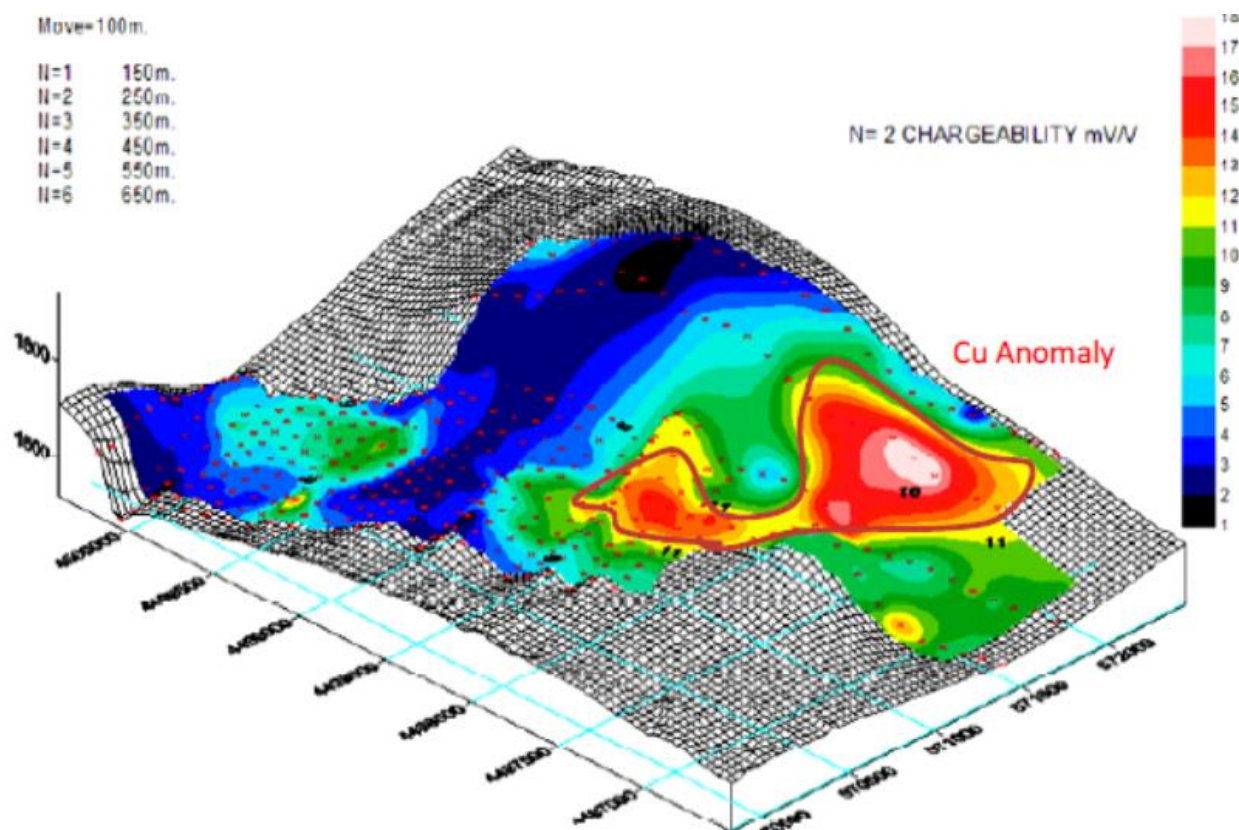


Рис. 2. Трехмерные геологические модели полей меди и молибдена по Гошгарчайской площади

геохимические ореолы превышают размеры рудных тел и околорудных метасоматитов в 5–8 раз [4, 11, 12].

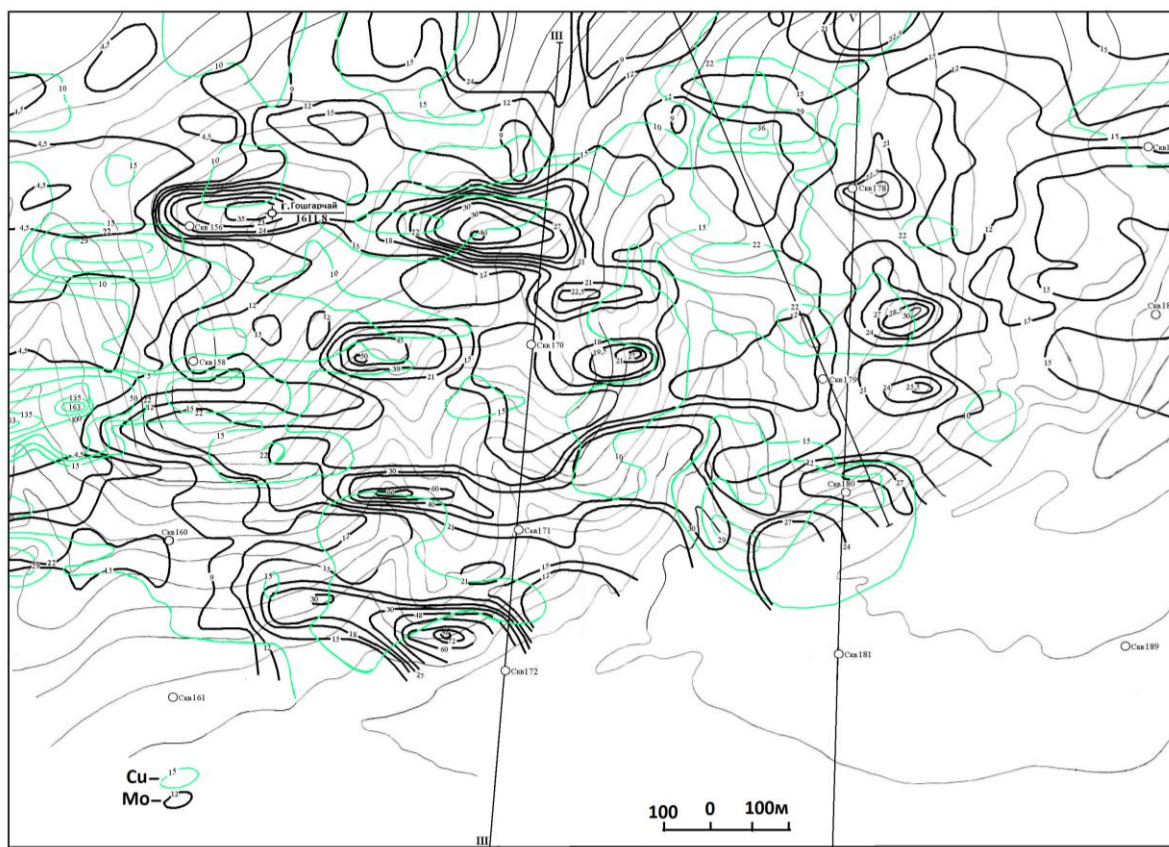
Наибольший практический интерес представляют обширные гидрохимические аномалии, охватывающие Гошгарчайское месторождение, Кечалдагский участок и практически всю перспективную Джамиллибулаг-Гызылархачскую площадь. Геохимические аномалии по поверхностным и подземным потокам выделяются по соотношению сульфат-иона к гидрокарбонату, по сумме металлов и повышенным содержаниям Cu, Mo, Zn, Ag [5].

Определенный практический интерес представляют первичные геохимические ореолы Cu, Mo, Pb, Ag, охватывающие практически всю площадь

Гошгардагского месторождения и совпадающие с геофизическими аномалиями ВП и гидрохимическими аномалиями Cu, Mo, охватывающими ЮВ часть Гошгарчайской площади (рис. 3).

Заслуживают внимания результаты детальных литохимических поисков на площади Гошгардагского месторождения, на которой выявлены 4 аномальных поля размером от 100x200 до 200x300 м с содержанием меди до 0,05 %.

Два из них оконтурены на северном и два на юго-восточных флангах месторождения. Во внутренних контурах этих аномалий выделяются более локальные поля с содержанием меди до 0,1%. Характерно, что в центральной части месторождения, где оконтурено



*Рис. 3. Карта первичных геохимических ореолов меди и молибдена Гошгарчайского месторождения медно-порфировых руд (масштаб 1:10 000)*

рудное тело на глубине, на поверхности литохимические аномалии меди не выделяются, что, вероятно, связано с процессами интенсивного выщелачивания и выноса меди с поверхностных горизонтов. Сказанное относится и к молибдену, где он образует лишь одну аномалию (400x150 м) на СВ фланге месторождения с содержанием 0,01–0,02%, пространственно тяготеющую к разрыву СВ простирания. Наиболее обширные аномалии меди и молибдена выделяются на северном фланге Гошгардагской площади, приуроченной к мощным зонам разрывов СЗ (субмеридионального) простирания и пространственно охватывающей южные фланги Гошгарчайского месторождения.

На Гошгарчайской площади выделен ряд литохимических потоков золота, сопровождающихся потоками меди, свинца, цинка. Содержание золота в литохимических потоках составляет 0,01–0,15 г/т, в двух пробах – 0,8 и в од-

ной – 2 г/т. Литохимические потоки золота сопровождаются механическими потоками пирита с содержанием от 1 до 20 и более процентов в электромагнитной фракции шлиха с подавляющим преобладанием пентагон додекаэдрических и октаэдрических форм.

Относительно интенсивные аномалии меди установлены в южной окраине Гюлистанского проявления, на границе бат-кимериджских вулканогенных образований с известняками титона. Большинство геохимических ореолов Муровдагского рудного узла сопровождаются, местами даже перекрываются, шлиховыми ореолами золота, а также минерализацией халькопирита, борнита, ковеллина, киновари, сфалерита и галенита, которые скорее всего связаны с метасоматитами рудного узла [5, 14].

На Кечалдагском рудопроявлении выделяется около 15 изолированных, вытянутых в широтном направлении



аномалий меди, сконцентрированных в основном в восточной половине рудопроявления с содержанием 0,01–0,02%. Центральная часть почти всех этих аномалий совпадает с центром комплексных аномалий безразмерных показателей по 1 фактору – 32% изменчивости ( $A_1 = 0,067 \text{ Pb} + 0,55 \text{ V} + 0,596 \text{ Mo} + 0,099 \text{ Cu} + 0,565 + 0,092 \text{ Zn}$ ).

Весьма небольшие аномалии цинка (0,005–0,01%), молибдена (0,0001–0,008%), свинца (0,001–0,003%) и серебра (0,001%) отмечены в северной, центральной и южной частях участка. В подавляющем большинстве случаев эти аномалии пространственно совпадают с метасоматитами.

На Джамиллибулаг-Гызылархачской рудоносной площади выделено около 30 дискретных небольших аномалий меди с содержанием 0,01–0,06%, разбросанных по всей площади. Относительно широкие и наиболее интенсивные аномалии приурочены к 3-ЮЗ частям площади. Большинство аномалий прослеживается по контактовым полосам габбро-диоритов и вытянуто в близширотном направлении.

Наибольший интерес представляют около 30 комплексных аномалий, выделенных по одному фактору – 27,8% изменчивости ( $A_1 = 0,34 \text{ Pb} + 0,26 \text{ V} + 0,32 \text{ Mo} + 0,47 \text{ Cu} + 0,44 \text{ Ag} + 0,50 \text{ Zn}$ ), центры которых в большинстве случаев совпадают с эпицентрами аномалий меди. Отмечены также точечные слабые ореолы молибдена с содержанием 0,0001–0,0002% [5, 12, 17].

Два поля слабых аномалий меди, цинка, свинца, молибдена и серебра выделены на Гюлистанском проявлении. Относительно повышенные ореолы приурочены к южной зоне.

Наибольшим площадным развитием пользуются аномалии меди и полиметаллов, выделенные на Эльбекдашском месторождении медно-свинцовых руд. Большинство широких и интенсивных аномалий соответствуют центральной и северо-восточной частям месторождения. Аномальное поле, занимая

площадь около 9 км<sup>2</sup>, расположено к ЮВ от г. Эльбекдаш и прослеживается в СВ близмеридиональном направлении на 4 км при ширине 1,5–3,0 км. Оно занимает контактовую полосу между отложениями кимериджа и келловей-оксфорда и далеко выходит в сторону последних. Интенсивность аномалий резко затухает (обрывается в юго-западном продолжении) согласно изгибу общей структуры с ЮЗ на ВЮВ. Содержание меди в аномальном поле от 0,01–0,1 до 0,3%, свинца – 0,005–0,1%; цинка – 0,01–0,5%, серебра – 0,0001–0,001%.

Аномальные поля свинца и цинка, имея СЗ близмеридиональные направления, совпадают друг с другом, а аномальные поля меди имеют северо-восточное направление и пересекаются полями свинца и цинка. Это, по видимому, говорит о наличии двух крупных, взаимопересекающихся структур СЗ и СВ направлений. При этом аномалии меди тяготеют к СВ разрыву, а свинца и цинка – к СЗ.

В пределах Муровдагского рудного района установлен ряд аномальных участков по вторичным ореолам рассеяния. Один из таковых находится в бассейне р. Торагачай, между Эльбекдашским и Джамиллибулагским рудопроявлениями.

Здесь выявлена аномалия меди с содержанием 0,02–0,1%, а в центре – 0,2–0,3%. Площадь ее составляет 3,3х1,0–2,0 км. Она несколько вытянута в широтном северо-восточном направлении. Источниками этой аномалии, по видимому, являлись Джамиллибулаг-Гызылархачские интрузивы диоритов и габбро-диоритов и связанные с ними метасоматиты.

В результате детальных поисков по ореолам в пределах Гошгарчайской площади выделяется ряд моноэлементных и полиэлементных аномальных полей, перспективных на обнаружение медно-порфирирового оруденения.

В строении аномалий на Гошгарчайской площади наблюдается опреде-

ленная зональность по латерали: от центра к периферии – медь, молибден, барий, их охватывают аномалии серебра, а на периферии на востоке – свинец, на западе – цинк. Количественные геохимические параметры выделенных аномалий, их элементный состав, где наряду с основными элементами медно-порфирирового оруденения (медью и молибденом) выделяются аномалии бария, свинца, цинка, занимающих крайнее верхнее положение в медно-порфирировой рудной колонке. Это свидетельствует о том, что в отличие от Гошгардагского месторождения здесь имеет место незначительная эродированность, а местами сохранность под покровом байосских отложений всей медно-порфирировой колонки, совпадающей с комплексными аномалиями второй группы.

После проведения геохимических работ стало очевидным, что в пределах выделенной аномалии меди мы имеем дело с самыми верхами медно-порфирировых рудных тел, представленных в данном срезе сульфидной минерализацией. Наши рекомендации о перспективах Гошгарчайской площади получили подтверждение: в пределах указанной площади на глубине 60 м буровыми скважинами были вскрыты медно-порфирировые руды, в состав которых входят халькопирит, пирит, сфалерит, галенит, молибденит, золото.

Геохимическую зональность месторождений медно-порфирировой формации (включая ореолы) можно характеризовать величиной отношения произведений элементов-индикаторов, тяготеющих к верхней части рудной зоны, к элементам-индикаторам нижних горизонтов.

**Модель рудно-магматических систем медно-порфирировых месторождений Гошгарчайского рудного поля.** Главными составляющими модели являются вмещающая рама (фанеритовые интрузивы), малые порфирировые тела типа штоков и даек, (локализующиеся, как правило, в зонах развития рудокон-

тролирующих структур и пространственно тесно увязывающиеся с оруденением), брекчиевые тела, рудные тела, рудно-метасоматическая зональность. Модель учитывает известные представления о характере зависимости между оруденением, малыми порфирировыми интрузиями и локально распространенными рудоносными гидротермалитами [4, 5, 10,13].

Важным элементом строения медно-порфирировых систем Муровдагского рудного района являются эруптивные брекчии, фиксирующиеся на Гошгарчайском, Гошгардагском и Гызылархачском месторождениях. Тела эруптивных брекчий занимают секущее положение по отношению к вмещающим породам. Брекирование на медно-порфирировых месторождениях Гошгарчайского рудного поля имеет много общего с этим процессом на медно-порфирировых месторождениях Кавказа, Средней Азии, России, Монголии, США, Чили и других стран. Критериями брекирования пород, отражающими специфику этих постмагматических продуктов, обогащенных летучими компонентами, являются (Туговик, 1974): изометричная и эллипсоидная в плане трубо-штоко- и воронкообразная на глубину форма брекчиевых тел; отсутствие в контактных зонах следов тектонического воздействия, сложных гетерогенных составов обломочного материала брекчий, включающего обломки пород из разных глубинных уровней; изменение формы обломков от округлой до остроугольной в сечении брекчиевых тел, заключающих обломки пород и руд магматического и постмагматического происхождения; наличие вулканического материала в цементирующей обломки рудной массе. Брекиевые тела при небольших размерах в плане протягиваются на достаточно большую глубину и вмещают эндогенную рудную минерализацию. Важно отметить, что тела эруптивных брекчий отчетливо фиксируют рудоконтролирующие структуры, в связи с чем поиски и разведка этих образований

имеют важное прикладное значение [5, 14, 15, 17].

Соотношения эруптивных тел с медно-порфировым оруденением достаточно сложные. По представлениям Р. Силлитое (Sillitoe, 1972), А.И. Кривцова (Кривцов, 1983), разделяемым авторами, брекчиевые тела скорее характерны для верхних частей медно-порфировых систем – появление таких тел примерно отвечает уровню верхних выклиниваний порфировых интрузивов. В случае принятия этого положения можно объяснить различие между месторождениями по распространенности и масштабам развития брекчиевых тел разными глубинами денудации медно-порфировых систем. Исходя из степени эродированности медно-порфировых систем, могут быть вскрыты (Иванкин, 1970; Кривцов, 1983; Туговик, 1974): 1) рудоносный порфировый шток и небольшие брекчиевые тела нижних уровней брекчиевых трубок; 2) апофизы порфирового штока и примерно средние уровни брекчиевых трубок; 3) верхние части брекчиевых трубок и непорфировых интрузий. Основной объем промышленной минерализации в первом случае контролируется порфировым штоком, во втором – как порфировым штоком, так и брекчиевыми телами, которые иногда несут значительный объем рудного вещества, в третьем – в брекчиевых телах во многих случаях она не имеет промышленного значения [4, 5, 13, 15, 17].

Эруптивные брекчии, выявленные в центральной, наиболее приподнятой части Гошгарчайского рудного поля, состоят из вмещающих пород, представленных обломками гранитоидов, вулканитов байоса, а также порфировых тел. Формы обломков – от остроугольной до округлой, хорошо окатанные, подобно гальке и валунам в конгломератах. Обломки, слагающие брекчиевые тела, плохо отсортированы, контакты с вмещающими породами обычно резкие. Брекчиевые тела также интенсивно гидротермально переработаны и несут по-

лиметалльную рудную минерализацию, обусловленную участием в рудообразовании широкого набора элементов, формирующих разнообразную рудную и жильную минерализацию.

Некоторые элементы медно-порфировых месторождений рудного поля хорошо опознаются в магнитных полях. Гранитоиды картируются отрицательными значениями  $\Delta T$ , узкие локальные минимумы магнитного поля до 500 нТл внутри этого контура объясняются неоднородностью петрографического состава Муровдагского комплекса гранитоидов. Более высокими магнитными полями, до 1000 нТл, отмечается Гошгарчайский интрузив. Локальные максимумы магнитного поля напряженностью от 500 до 1000 нТл отвечают телам повышенной основности. Спокойным положительным полем ( $\Delta T$  от 0 до 100 нТл) со слабыми горизонтальными градиентами, картируются области развития эффузивных и пирокластических фаций вулканитов верхнего байоса, которые представлены андезитами, андезитовыми порфиритами, дацитами, андезит-дацитами, туфами и пирокластолитами. Локальные максимумы и повышенно-магнитные фации пород связаны с лавовыми покровами более основного состава. Локальные минимумы намагниченности вмещающих пород зависят от масштабов и интенсивности последующего гидротермального метасоматизма.

Вертикальным электрическим зондированием ВП установлены направления падения локализирующих сульфидную минерализацию разрывов, вертикальный размах оруденения, глубина до верхней кромки объекта, морфология предполагаемых рудных тел, их связь с интрузивной деятельностью площади. Методом ЧИМ отмечается крайняя неоднородность рудовмещающей зоны по распределению в ней отдельных небольших по размерам локальных ореолов с содержанием меди от 10 до 40–50 мкг/мл при фоне 2–5 мкг/мл.

Исследования показали, что локализация медно-порфировых рудных тел и околорудных метасоматитов определялась сочетанием комплексов пород с определенными физическими свойствами. В геофизических полях это выразилось в избирательной приуроченности рудных тел и метасоматитов к аномалиям определенного знака или уровня значений. Установлено, что месторождения медно-порфировых руд Гошгарчайского рудного поля находятся в пределах аномалий ВП. Аналогичные аномалии ВП выявлены за пределами рудного поля, по комплексу признаков потенциально перспективных на прожилково-вкрапленное медное оруденение.

В качестве геофизической модели могут быть использованы результаты ВП, магнитной разведки, ВЭЗ ВП и ЧИМ, так как медно-порфировые месторождения размещаются в местах контрастной смены значений напряженности магнитного поля, вызванной поляризации, вертикального электрического зондирования и ЧИМ.

Характерными для медно-порфировых месторождений Муровдагского рудного района являются обширные гидрохимические аномалии, выделяемые по соотношению сульфат-иона к гидрокарбонат-иону, по сумме металлов и повышенным содержаниям Cu, Mo, Zn, Ag, а также первичных ореолов Cu, Mo, Pb, Ag, совпадающих с геофизическими аномалиями ВП. Элементами-индикаторами Гошгарчайского медно-порфирового месторождения являются три элемента: медь, молибден и серебро, которые образуют наиболее широкие и интенсивные ореолы. На уровне рудного тела относительно широкие, но низкой интенсивности ореолы образуют олово, свинец, никель и кобальт. Цинк, вольфрам, сурьма, висмут, мышьяк образуют отдельные изолированные аномальные точки, расположенные без определенной пространственной закономерности. На Гошгардагском месторождении ореолы бария, мышьяка и сурьмы отсутствуют,

что объясняется значительной эродированностью всей медно-порфировой рудной колонны [5, 11, 12].

Для Гошгарчайского месторождения, в отличие от Гошгардагского, характерно наличие интенсивных литохимических потоков золота, сопровождающихся потоками меди, свинца, цинка и механическими потоками пирита, что существенно повышает его перспективы. Характерной для этого месторождения также является латеральная зональность (от центра к периферии) в строении первичных ореолов: медь, молибден, барий, серебро, свинец и цинк. Количественные геохимические параметры выделенных ореолов и их элементный состав (медь, молибден, барий, свинец, цинк) свидетельствуют о том, что в отличие от Гошгардагского месторождения здесь имеет место незначительная эродированность.

Прослеживание рудоконтролирующих и рудовмещающих структур профильной электроразведкой на глубину в сочетании с оконтуриванием их в плане площадными геофизическими съемками позволит повысить достоверность выделения предполагаемых рудных районов. Преобладание наклонных и вертикальных геоэлектрических границ, наличие локальных неоднородностей определяет сложность геоэлектрических условий медно-порфировых районов Муровдага. Представляет интерес опыт совместного использования методов ЗМП и ВЭЗ-ВП. Комплексная интерпретация данных этих двух методов позволяет построить достоверную геоэлектрическую модель, более адекватно отображающую исследуемую геологическую среду.

Отмеченные геохимические особенности, вкуче с геофизическими и др. геологическими данными являются важными элементами модели РМС медно-порфировых месторождений Гошгарчайского рудного поля. Последние обстоятельства обуславливают специфику подхода к критериям поисков и прогнозирования подобных месторождений.

### Выводы и рекомендации:

1) Территория Гошгарчайского рудного поля характеризуется верхне-рудным-надрудным эрозионным срезом, что подтверждается геолого-геофизическими и геохимическими данными.

2) По данным магниторазведки и электроразведки установлены скрытые части интрузий среднего и кислого составов, имеющих выходы на дневную поверхность, и слепые интрузии под вулканогенной толщей верхнего байоса.

3) В пределах всех поисковых участков зафиксированы аномалии основных рудных компонентов, наиболее интенсивные из них выделены в пределах рудных полей Гошгарчай и Гошгардаг.

4) В результате геофизических исследований выделены аномалии Cu и Mo, которые совпадают с геохимическими аномалиями.

5) Для медно-порфировых месторождений Гошгарчайского рудного поля характерны обширные гидрохимические аномалии, выделяемые по соотношению сульфат-иона к гидрокарбонат-иону, по сумме металлов и повышенным содержаниям Cu, Mo, Zn, Ag, а также первичным ореолам Cu, Mo, Pb, Ag, совпадающим с геофизическими аномалиями ВП.

6) По поперечным ореолам в пределах Гошгарчайской площади выделяется ряд моноэлементных и полиэлементных аномальных полей, перспективных на обнаружение медно-порфирового оруденения.

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

Учитывая результаты комплексной интерпретации геофизических и геофизических материалов, рекомендуется:

- бурение буровых скважин с комплексов скважинной геофизики и пред-

варительным проведением работ методом ЧИМ в СВ части рудного поля;

- прослеживание буровыми скважинами западной части рудной залежи Гошгарчайского месторождения, срезанной одноименным разломом и смещенной в северо-западном направлении;

- детальное изучение Гызылархачского и Кечалдагского проявлений медно-порфировых руд, расположенных на южном продолжении Гошгарчайского разлома СЗ простирания.

### Библиографический список

1. Абдуллаев Р.Н., Мустафаев Г.В., Мустафаев М.А. и др. Мезозойские магматические формации Азербайджана и связанное с ними эндогенное оруденение. Баку: Элм, 1988. 157 с.

2. Азадалиев Д.А. К проблеме рудно-магматических систем (на примере Малого Кавказа). Доклады АН Азербайджана. 1998. № 5–6. С. 114–121.

3. Байрамов А.А., Баба-заде В.М., Ахундов Р.А. Геодинамические особенности размещения месторождений полезных ископаемых Азербайджанской Республики и прилегающих акваторий Каспийского моря // Вестник Бакин. ун-та, серия естественных наук. 1998. № 1. С. 86–95.

4. Баба-заде В.М., Рамазанов В.Г., Мамедов З.И., Абдуллаева Ш.Ф. Исмаилова А.М. Геолого-геофизические и геохимические основы модели рудно-магматических систем медно-порфировых месторождений Гядабейского рудного района // Научное наследие академика М.А. Кашкая: взгляд из XXI века: мат-лы научной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения академика М.А. Кашкая. Баку, 2007. С. 58–84.

5. Баба-заде В.М., Махмудов А.И., Рамазанов В.Г. Медно- и молибден-порфировые месторождения. Азернешр, Баку. 1990. 375 с.

6. Геология Азербайджана. Т. IV: Тектоника Баку: Изд. «Nafta-Press», 2005. 505 с.

7. Долгаль А.С., Христенко Л.А. Результаты и перспективы геофизических исследований при поисках рудного золота на восточном склоне Кузнецкого Алатау // Вестник Краунц. Науки о Земле. 2008. № 2, вып. 12. С. 71–80.

8. Исмаил-заде А.Д., Мустафаев Г.В., Рустамов, М.И. Геология Азербайджана. Магматизм. Т. 3: «Nafta-Press». Баку, 2001. 434 с.

9. Кацкевич В.Н. Особенности комплексной интерпретации данных ВЭЗ-ВП и МПП при поисках сульфидных месторождений в Приморье // К 300-летию горно-геологической службы России: тез. докл. Междунар. геофизич. конф. СПб., 2000. С. 260–262.

10. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Модели месторождения благородных и цветных металлов // К 300-летию горно-геол. службы России. Сер. ЦНИГРИ. М., 2001. 232 с.

11. Мансуров М.И. Геолого-генетическая модель Гошгарчайской рудно-магматической системы Муровдагского поднятия (Малый Кавказ, Азербайджан) // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле. 2013. № 4. С. 16–22.

12. Мансуров М.И. Поисково-прогнозные критерии выявления перспективных участков и новых типов оруденения Муровдагского горст-поднятия // Вестник Бакинского ун-та.

Серия естественных наук. 2013. № 4. С. 107–118.

13. Павлова И.Г., Сахновский М.Л. Модели рудно-магматических систем молибденово-медных порфировых месторождений как основа их поисков и прогнозирования // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1988. С. 225–232.

14. Рамазанов В.Г., Каландаров Б.Г., Мансуров М.И., Хасаев А.И., Мамедов З.И., Тахмазова Т.Г. Геолого-геофизические основы прогнозирования эндогенного оруденения на примере медно-порфировых месторождений Малого Кавказа // Горно-геологический журнал. 2009. № 1–2. С. 6–10.

15. Сотников В.И., Берзина А.П., Калинин А.С. Обобщенная генетическая модель рудно-магматических систем медно-молибденовых рудных узлов // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 2003. С. 232–240.

16. Шихалибейли Э.Ш. и др. Основные черты тектоники Азербайджана (Объяснительная записка к тектонической карте). Баку: Элм, 1981. 170 с.

17. Sillitoe R.H. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits // Econ. Geol. 1972. V. 67, № 2. P. 184–197.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук, профессор Иркутского государственного технического университета Ж.В. Семинский