

ВОСТОЧНО-АРТЕМОВСКИЙ ГРАНИТОИДНЫЙ МАССИВ И ЕГО МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

А.В. Коровко, А.И. Грабежев, В.П. Молошаг

Руды порфировых месторождений составляют значительную долю в балансе запасов и добычи медных руд [Кривцов и др., 2001; Пространственные..., 2002]. Для Урала особенно важно выяснение закономерностей распространения и масштабов медно-порфирового оруденения в связи с необходимостью расширения местной сырьевой базы действующих горнодобывающих и металлургических предприятий. В последние десятилетия XX в. были выполнены значительные объёмы геологоразведочных и научно-исследовательских работ, которые позволили уточнить представления о закономерностях распространения и условиях формирования медно-порфирового оруденения. В результате на восточном склоне Южного Урала были выявлены крупные медно-порфировые объекты [Грабежев, Белгородский, 1992; Контарь, Либарова, 1997; Грабежев и др., 1998, и др.]. Благодаря высокому профессионализму многих челябинских геологов детальное изучение этих площадей привело к открытию крупных

по запасам объектов. Необходимо отметить ведущую роль Е.А.Белгородского в прогнозировании площадей для проведения поисковых работ. В ближайшее время предполагается начало промышленного освоения Михеевского месторождения.

В самой восточной открытой части Среднего Урала медно-порфировая минерализация известна в Алапаевском, Коптеловском и Артемовско-Сухоложском мегаблоках [Федорова и др., 1971, и др.]. Восточно-Артемовский массив находится в пределах Мостовского меднорудного поля Шогринского меднорудного узла Алапаевско-Айбыкульского медно-полиметаллического рудного района. В этом районе развиты вулканогенные образования девонского островодужного этапа: D_{1-2}^{jv} кремнисто-вулканогенная, D_2^{bd} базальт-дацитовая, D_{2-3}^{mm} магинская толщи и комагматичные им субвулканические и интрузивные образования. В структурном плане рудный район находится в Алапаевско-Айбыкульской подзоне Алапаевско-Те-

ченской зоны, входящей в состав Восточно-Уральской мегазоны. Восточно-Артемовский гранитоидный массив был выявлен в 1999 году на северо-восточной окраине г. Артемовский в процессе незавершенных работ ГДП-200 (Геологическое доизучение площадей) [Коровко и др., 2002]. Позднее более детально он был изучен при проведении поисков медных руд на Шогринской площади Каменско-Сафьяновской меднорудной зоны. Массив примыкает к хорошо изученной территории Егоршинского каменноугольного месторождения, полностью перекрыт морскими отложениями (мощностью от 1-2 до 10-15 м) серовской и ирбитской свит палеогена западной окраины чехла Западно-Сибирской низменности. С поверхности массив изучен мелкометражными колонковыми скважинами, лишь три из которых достигли глубины 100 м. Массив приурочен к северному борту долгоживущего рудоконтролирующего Режевского широтного глубинного разлома (ШГР), в пределах которого в 25 км к западу находится крупное Сафьяновское медно-цинковое колчеданное месторождение раннедевонского возраста.

Мостовское меднорудное поле приурочено к южной части Мостовского тектонического блока, протягиваясь более чем на 20 км от долины р. Хайдук на севере вдоль восточной окраины г. Артемовский до северной окраины пос. Буланаш на юге в виде непрерывной полосы шириной до 7-8 км. С запада блок и рудное поле ограничены Егоршинским надвигом западного падения, с востока – зоной Шогринского разлома, которыми вулканогенные и интрузивные образования D_2 гостьковской вулканоплутонической ассоциации отделены от карбонатно-терригенных отложений C, bk бекленищевской свиты. В северной части рудного поля, среди эксплозивных образований D_2bd базальт-дацитовый толщи, находится наклоненный на север фрагмент Хайдуksкой палеовулканической постройки (ПВП), выделяемой по зоне залегания (с юга на север, снизу вверх по палеовулканическому каналу): тела гипабиссальных двупироксеновых магнетитсодержащих микрогаббро, лакколита безмагнетитовых субвулканических порфировых пироксеновых базальтов и экструзивных (и эксплозивных) вулканических брекчий порфировых андезитов. Восточно-Артемовский диоритовый массив расположен к юго-юго-востоку от Хайдуksкой ПВП и, возможно, фиксирует уровень подводящего кана-

ла крупного Хайдуksкого палеовулканического центра среднедевонского возраста. Южная часть Восточно-Артемовского массива находится в зоне Режевского ШГР. Вулканогенные образования D_2bd базальт-дацитовый толщи и комагматичные им субвулканические образования принадлежат редуцированной среднедевонской базальт-андезит-дацитовый формации калиево-натриевого и натриевого типа, комагматами которой являются интрузивные образования D_2g гостьковского габбро-диорит-гранитовый комплекса, совместно входящие в D_2 гостьковскую вулканоплутоническую ассоциацию. С гостьковским комплексом и связано формирование рудных объектов молибден-медно-порфировый формации. Отметим, что массивы подобного типа относились В.Н.Смирновым к некрасовскому комплексу [Эвгеосинклинальные..., 1984].

Мостовское меднорудное поле полностью охватывает Восточно-Артемовский диоритовый массив, наклоненный в современных структурах на восток-северо-восток, и его надинтрузивную зону, сложенную в разной степени гидротермально-метасоматически измененными эффузивными, эксплозивными и вулканогенно-обломочными образованиями основного-среднего состава D_2bd базальт-дацитовый толщи. Откартированные зоны гидротермально-метасоматических изменений (серицит, кварц, карбонат, хлорит, сульфиды) охватывают в полном объеме и интрузивные образования гостьковского комплекса Восточно-Артемовского массива и находящуюся в надинтрузивной зоне пачку мощностью до 1200 м вулканогенно-обломочных пород базальт-дацитовый толщи. Массив на уровне современного эрозионного среза имеет в целом грибообразную форму. Верхний (восточный) падающий на восток-северо-восток контакт массива вскрыт скважиной М-1016. С запада массив ограничен Егоршинским надвигом западного падения, а на юг, по-видимому, имеет скатывание в сторону Режевского ШГР. Для массива, площадь выхода которого на поверхность составляет около 10 км², характерно наличие многочисленных пальцеобразных апофиз северо-западного и юго-восточного направлений, субсогласно залегающих в слоистом разрезе базальт-дацитовый толщи и формировавшихся на стадии становления «купола» интрузии. Для пород D_2bd базальт-дацитовый толщи и субвулканических образований D_2 возраста характерно наличие повышенных концентраций

РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

магнетита, который замещается в процессе гидротермально-метасоматической проработки, в связи с чем, зоне метасоматитов рудного поля отвечает площадная аномалия резкого снижения интенсивности магнитного поля характерной «грибообразной» формы с пальцеобразными выклинками на север и на юг. Для рудного поля характерно существенное снижение интенсивности поля силы тяжести в направлении с севера на юг от Хайдучской ПВП к Режевскому ШГР. Это обусловлено как разуплотнением базальтоидов базальт-дацитовый толщи в процессе гидротермально-метасоматической проработки, так и наличием значительных масс гранитоидов Восточно-Артемовского массива на глубине в зоне Режевского ШГР на широте юго-восточной окраины г. Артемовский. В пределах рудного поля выделяется ряд локальных максимумов поля силы тяжести, но для установления их природы необходимо проведение детализационных работ. В электрических полях рудному полю отвечает система сложно соотносящихся линейных аномалий поляризуемости (до 5-10 %) и проводимости, в целом отвечающих грибо- и пальцеобразной форме зоны метасоматитов.

Для стратифицированных образований базальт-дацитовый толщи характерно нормальное залегание пород с падением их на восток-северо-восток и сменой вверх по разрезу и по латерали на юго-восток (в сторону от Хайдучской ПВП) эффузивных и эксплозивных образований толщи вулканогенно-обломочными, вулканомиктовыми, терригенными породами, алевропелитами. В ограниченном объеме, наблюдаются известняки, фиксирующие, вероятно, палеодепрессию. В пределах палеодепрессии, возможно, были проявлены и процессы гидротермально-осадочного колчеданообразования. На вероятность проявления последнего указывает наличие среди алевропелитов и туфоалевропелитов верхней части разреза толщи интенсивной пылевидной сингенетичной вкрапленности фрамбоидального, глобулярного и тонкозернистого пирита. Такой пирит наиболее широко распространен южнее с. Налимово. Здесь участки сульфидизации (до 20-30 об. % пирита), усиливаемой более поздней гидротермально-метасоматической проработкой (серицит, хлорит, карбонат, кварц, сульфиды), фиксируются наличием электроразведочных аномалий, а по данным работ МПП (Метод переходных процессов) низкоомные горизонты сульфидизированных вулканогенно-обломочных пород прослежива-

ются на глубины свыше 500-1000 м. Всей зоне интенсивной сульфидной минерализации рудного поля в первичных ореолах отвечает комплексная геохимическая аномалия зонального строения «колчеданного» типа (Cu, Ag, Mo, W, Cd, As, Sb). В южном экзоконтакте массива на восточной окраине г. Артемовский, в левом борту долины р. Бобровка, среди вулканогенно-обломочных пород D_2bd базальт-дацитовый толщи скважиной М-419 (глубина 23,5 м) вскрыты битуминозные известняки с *Favosites pseudoregularissimus* Kim тошемского горизонта нижнего девона (определения Е.В. Короровой, УГГА) Это свидетельствует о наличии в разрезе толщи ксеногенного обломочного материала (олистолит?).

На уровне современного эрозионного среза массив сложен преимущественно гранитоидами кварц-диоритового и диоритового состава, что просматривается в наименее гидротермально измененных разностях. Структура основной массы пород обычно мелко-, среднезернистая, неравномернозернистая, аллотриоморфно- и гипидиоморфнозернистая. Иногда встречаются мелкозернистые аплитовидные разновидности. Нередко наблюдаются переходные структуры между порфировидными и порфировыми. В составе гранитоидов повсеместно присутствует первичный кварц в виде равномерно распределенных мелких (до 0,1 мм) зерен от почти их полного отсутствия в западной части массива до 5-10 об. % – в породах центральной и 15-20 об. % – в породах восточной части массива. Темноцветный минерал, полностью замещенный зеленым хлоритом, был представлен, по-видимому, преимущественно амфиболом, количество которого в наиболее основных разностях достигало 15-20 об. %. В единичных случаях сохраняется грязно-бурый биотит. Акцессорные минералы гранитоидов представлены сфеном, магнетитом, апатитом. Буроватый апатит наблюдается в виде зерен размером до 0,1-0,3 мм как идиоморфного призматического, так и ксеноморфного облика.

Почти повсеместно гранитоиды карбонатизированы (5-15 об. % анкерита), серицитизированы (5-8 об. % и более серицита) и деанортитизированы. Серицит представлен очень тонкочешуйчатой разновидностью (0,00п, редко до 0,01 мм), замещающей деанортитизированный и заметно пелитизированный (в том числе и за счет выветривания) плагиоклаз. Во многих участках степень серицитизации гранитоидов силь-

но возрастает, и количество серицита достигает 10-20 об. %. При этом содержание карбоната может заметно уменьшаться. Породы почти всегда содержат до 2-8 об. % сульфидов, нередко гематитизированных. Характерно развитие по трещинам черного непрозрачного вещества. В восточной части массива часто фиксируются плагиоклазовые (до 0,8 мм, до 15 об. %) диоритовые порфиры субвулканического облика с размером зерен цементирующей массы до 0,02-0,03 мм. Плагиоклаз обычно умеренно серицитизирован, порода почти всегда содержит вкрапленность сульфидов и пирит-кальцитовые прожилки. Часто наблюдаются густые штокверки тонких трещин, выполненных черным веществом. Встречены также микродиорит-долериты, сложенные лейстами плагиоклаза размером 0,02-0,1 мм с цементирующей тонкозернистой хлоритизированной (20 об. % и больше) массой, и кварц-плагиоклазовые плагиогранодиорит-порфиры с резко выраженной порфировой структурой. Вкрапленники кварца в последних наблюдаются в виде обычно оплавленных кристаллов размером 0,05-0,2 мм в количестве 3-5 об. %. Вкрапленники плагиоклаза (до 15 об. %) представлены полисинтетически сдвойникованными чистыми таблицами альбита размером 0,05-0,3 (до 1,5) мм. Иногда содержат немного серицита. Цементирующая кварц-альбитовая масса имеет очень тонкозернистую (0,005-0,01 мм) аллотриоморфнозернистую структуру. Темноцветный минерал отсутствует, но наблюдается 1-3 об. % мелких (до 0,05 мм) чешуек серицита (нередко в ассоциации с карбонатом), образовавшегося по темноцветному минералу.

В пределах массива преобладают сильно измененные гранитоиды и метасоматиты по ним. В умеренно сильно серицитизированных диоритах количество серицита составляет 15-20 об. %, карбоната – 3-10 об. %, апоамфиболового хлорита – до 15-20 об. %, сульфидов – до 7-20 об. %. Серицитизация гранитоидов резко усиливается в центральной части массива в зоне контакта с образованиями его восточной части. Здесь наблюдаются (скважина М-1013) очень сильно и умеренно сильно серицитизированные породы, а также кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты, в которых отчетливо прослеживаются переходные структуры от диоритов к диоритовым порфиритам. В сильно измененных гранитоидах большая часть первичного плагиоклаза замещена тонкочешуйчатым серицитом (20-25 об. %), оставшаяся часть пла-

гиоклаза деанортитизирована до альбита. По темноцветному минералу развивается хлорит (до 15 об. %) и частично серицит. Обычно в породе наблюдается до 10 об. % карбоната, который, скорее всего, образовался по темноцветному минералу. Количество карбоната явно уменьшается с увеличением степени серицитизации. Новообразованного кварца, по-видимому, очень мало. В метасоматитах постоянно присутствует 3-8 (до 25) об. % сульфидов, но иногда они полностью отсутствуют. Обычны гематитизация и лимонитизация сульфидов.

Метасоматиты сложены реликтовым кварцем (5-10 об. %), серицитовой массой (размер чешуек 0,001-0,002 мм, редко до 0,01 мм), гомоосевыми апоамфиболовыми псевдоморфозами зеленого хлорита, альбитом. Количество карбоната и хлорита варьирует от 0 до 20-25 об. %, альбита – от 0 до 20-40 об. %. Постоянно присутствуют сульфиды, количество которых может достигать 15-25 об. %, а размер сульфидных выделений – до нескольких сантиметров. Большая часть сульфидов развивается по хлориту. В участках с густой вкрапленностью пирита, последний может цементироваться существенно серицитовой массой. В отдельных случаях замещение диорита завершается образованием существенно кварцевых (до 60 об. %) метасоматитов, содержащих реликтовые участки серицита. Количество карбоната достигает 10 об. %, в кварце наблюдаются короткие просечки серицита. Встречены кварцевые, карбонат-кварцевые, карбонатные, сульфидно-карбонатные прожилки мощностью 0,1-5 мм. В скважине М-1013 на глубине 80,4 м крупнозернистая кварцевая жила с молибденитом сечет прожилков карбоната. Состав измененных гранитоидов Восточно-Артемовского массива приведен в табл. 1. По данным рентгеноструктурного анализа, карбонат метасоматитов представлен анкеритом, а серицит – политипом 2М₁.

Основными рудными объектами рудного поля, по полученной на данное время информации, являются Восточно-Артемовское и Западно-Мостовское рудопроявления. Восточно-Артемовское рудопроявление приурочено к центральной части Восточно-Артемовского массива. Гранитоиды всей площади массива в разной степени катаклазированы, гидротермально-метасоматически изменены и сульфидизированы. Сульфидная минерализация (до 5-20 об. %) рудоносной зоны представлена преимущественно пиритом в форме неравномерно рассеянной

РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Таблица 1

**Химические составы измененных
гранитоидов, мас. %.**

Компо- ненты	1013- 36	1013- 49	1013- 73	1013- 25,5
N п.п.	1	2	3	4
SiO ₂	55,86	57,90	59,74	76,62
TiO ₂	0,50	0,51	0,44	0,18
Al ₂ O ₃	16,49	16,63	17,25	8,55
Fe ₂ O ₃	3,99	4,34	2,06	4,81
FeO	1,2	1,2	1,2	1,1
MnO	0,11	0,11	0,16	0,05
MgO	2,75	3,81	2,23	0,86
CaO	4,33	2,66	4,56	0,90
Na ₂ O	4,0	4,1	2,5	0,4
K ₂ O	2,55	2,27	3,66	1,52
P ₂ O ₅	0,32	0,30	0,30	0,17
Ппп	8,60	6,30	7,20	5,30
Сумма	100,70	100,13	101,30	100,46
Rb, г/т	24	18	38	15
Sr, г/т	453	321	471	90

Примечание. 1-3 – сильно серицитизированные, карбонатизированные и пиритизированные диориты; 4 – аподиоритовый серицит-кварцевый метасоматит с пиритом, карбонатом. Номер пробы включает номер скважины и глубину взятия образца в метрах.

средне-, мелко- и тонкозернистой минерализации. Из других сульфидов наблюдается халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, блеклые руды, пирротин, герсдорфит, сформировавшиеся в несколько стадий, разделенных синрудным дроблением (табл. 2). Зональное развитие сульфидов в пределах рудоносной зоны определяет и зональность геохимических ореолов. Пройденной в центральной части массива всего лишь одной скважиной М-1013 глубиной 100 м вскрыты рудные интервалы с содержаниями меди 0,25-0,77 мас. % (среднее содержание меди – 0,35 мас. %), серы – 1,84-13,24 мас. % (среднее – 4,73 мас. %), а также отдельные интервалы с повышенными концентрациями золота, серебра, молибдена. Установлено, что повышенные концентрации меди не коррелируются ни с количеством сульфидов, ни с формами их выделений, ни с содержаниями Мо. По данным рентгеноспектрального анализа, молибденит из кварцевой жилы (скважина М-1013, глубины 80,4 и 90,5 м), возможно, содержит повышенное количество рения. Приведенные данные позволяют относить оруденение Мостовского меднорудного поля к молибден-медно-порфировому типу.

Выявление продуктивных гранитоидов островодужного типа и медно-порфирового оруденения D₂ возраста на слабо изученных и не изученных участках рудоперспективной Алапаевско-Айбыкульской зоны свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения и поиско-

кования восточного склона Среднего Урала и ближнего Зауралья. Наиболее перспективные площади для дальнейшего изучения отвечают участкам пересечения рудоносной зоны с зо-

Таблица 2

**Последовательность образования рудных минералов в молибденит-содержащем
прожилке**

Минералы	Реликты первичных минералов	Генерации			
		I		II	III
		I a	IIb		
Магнетит	_____				
Сфен	_____				
Пирит		_____			
Пирротин		_____			
Арсенопирит		_____			
Молибденит мелкозернистый		_____			
Молибденит крупнозернистый			_____		
Халькопирит				_____	
Сфалерит				_____	
Галенит				_____	
Блеклые руды				_____	
Гематит					_____

ной широтного глубинного разлома. Необходимо систематическое опосредованное Восточно-Артемовского массива с поверхности и на глубину с целью выявления промышленных объектов. При использовании современных технологий извлечения меди крупные зоны с низкими содержаниями этого элемента могут являться сейчас реальными промышленными объектами [Кривцов и др., 2001; Пространственные..., 2002].

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 06-05-64053).

Список литературы

- Грабежев А.И., Белгородский Е.А.* Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфировых месторождений (на примере Урала). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1992. 199 с.
- Грабежев А.И., Кузнецов Н.С., Пужаков Б.А.* Рудно-метасоматическая зональность медно-порфировой колонны натриевого типа (парагонитсодержащие ореолы, Урал). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 171 с.
- Контарь Е.С., Либарова Л.Е.* Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. 233 с.
- Коровко А.В.* История геологического развития среднеуральской части Восточно-Уральской мегазоны // IX чтения памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 26-33.
- Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф. и др.* Медно-порфировые месторождения // Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов / Под ред. А.И. Кривцова. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.
- Пространственные металлогенические таксоны.* Серия: Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Справочное пособие / Под ред. А.И. Кривцова и Г.В. Ручкина. М.: ЦНИГРИ, 2002. 82 с.
- Федорова И.Б., Григорьева Г.Г., Компанеев С.Н.* Условия размещения медно-порфирового оруднения на Урале // Геология медно-порфировых месторождений. Алма-Ата, 1971. С. 12-14.
- Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии / Ферштатер Г.Б., Малахова Л.В., Бородин Н.С. и др. М.: Наука. 1984. 264 с.*