

МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ЮЖНОГО УРАЛА (ОБЗОР)

Введение

Медно-порфировые месторождения, считавшиеся нехарактерными для Урала, в последние 2 десятилетия приобретают все большее экономическое значение, о чем свидетельствует разработка объектов Михеевско-Новониколаевского рудного поля в Челябинской области и Еленовского месторождения в Оренбуржье.

Медно-порфировые месторождения по общемировым запасам меди далеко опережают другие типы месторождений этого металла. Невысокие средние содержания меди и молибдена в разрабатываемых месторождениях этого типа (десятые доли % для Cu и сотые — тысячные — для Mo) компенсируются большими и гигантскими объемами прожилково-вкрапленных руд. Интенсивная разработка месторождений рассматриваемого типа в странах Северной и Южной Америки в начале и середине прошлого столетия стимулировала изучение этих объектов и привела к созданию моделей двух основных типов медно-порфировых месторождений, связанных с андезитовидными окраинно-континентальными вулканоплутоническими поясами (монцитонитовая модель [Lowell, Guilbert, 1970]) и возникавших в островодужных базальтоидных поясах (диоритовая модель [Hollister, 1974]). Разработанные объемные модели (рис. 1) дают представление не только о латеральном размещении метасоматических зон и сульфидной минерализации в рудоносном интрузиве, но и о вертикальном распределении интрузивных и минеральных ассоциаций [Lowell, Guilbert, 1970; Sillitoe, 1973]. Р.Х. Силлитое также рассмотрел соотношения метасоматических зон (от центра к периферии и снизу вверх: калишпатизации, биотитизации, серицитизации, пропилитизации, аргиллитизации и окварцевания) с интрузивными фациями разной глубинности и комагматичными вулканическими породами [Sillitoe, 1973, Fig. 1, p. 800]. По его данным, большинство рудоносных порфировых штоков формировалось в интервале глубин 0,6–4,0 км от дневной поверхности. Этот исследователь одним из первых связал формирование медно-порфировых месторождений с зонами субдукции [Sillitoe, 1972].

Обобщающие работы по медно-порфировым месторождениям мира, опубликованные на русском языке, позволяют сформулировать основные геологические особенности этого важного в экономическом отношении типа месторождений [Павлова, 1978; Попов, 1977; Кривцов, 1983; Крив-

цов и др., 1986; Бин, Титли, 1984; Титли, Бин, 1984; и др.].

Основываясь на формационном подходе, т.е. учитывая особенности магматических, гидротермально-метасоматических и рудных формаций, входящих в молибден-медно-порфировые системы, Н.Г. Павлова [1978, табл. 6, с. 194–195] выделяет 6 групп месторождений, формировавшихся в орогенном-активизационном и геосинклинальном (островодужном) режимах. Наиболее важные в промышленном отношении медно-порфировые и молибден-медно-порфировые месторождения относятся к 3-м группам или типам, названным по эталонным месторождениям Казахстана: коунрадский, кальмакырский и бощекульский типы.

Медно-порфировые вулканогенные месторождения (коунрадский тип), формировавшиеся в орогенном режиме, локализовались среди вулканогенных пород в связи с субвулканическими телами гранодиорит-порфиров, кварцевых монцитонит-порфиров, гранит-порфиров, кварцевых риолит-порфиров. Относятся к Mo-Cu-порфировому рудноформационному типу, сопровождаются аргиллизит-вторично-кварцевой и аргиллизит-серицит-кварцевой метасоматическими формациями.

Медно-порфировые плутоногенные месторождения (кальмакырский тип), формировавшиеся в орогенных и активизационных условиях, залегают в эндо- и экзоконтактах штоков и даек гранодиорит-порфиров, монцитонит-порфиров, сиенито-диорит-порфиров. Оруденение относится к молибден-медному и медно-молибденовому типам и сопровождается аргиллизит-гумбеитовыми изменениями.

Медно-порфировые пропилитовые месторождения (бощекульский тип), формировавшиеся в эвгеосинклинальных (островодужных) условиях, связаны с малыми интрузиями габбро-диорит-плагиогранитной формации — диоритовыми порфиритами и кварцевыми диоритовыми порфиритами. Оруденение преимущественно медного типа, сопровождается пропилитизацией, а также серицитизацией и окварцеванием.

Систематика И.Г. Павловой, как видно из нижеследующего материала, была использована уральскими геологами.

С учетом мирового опыта, А.И. Кривцовым и С.Т. Агеевой [1979], на примере месторождений Казахстана, было предложено выделять 4 типа объектов: 1 — медно-порфировый, в связи с габбро-диоритовыми натриевыми интрузиями барьерных зон островодужных структур; 2–4 — различного

состава, в вулcano-плутонических поясах и их обрамлении: 2 — молибден-порфировый, связанный с субщелочными интрузивами, 3 — молибден-медно-порфировый, ассоциирующийся с калий-натриевыми ($K_2O/Na_2O \approx 1$) гранодиоритами и монцонитами и 4 — медно-порфировый, связанный с натриевыми ($K_2O/Na_2O \approx 0,5$) кварцевыми диоритами, гранодиоритами и дацитами. Впоследствии эта систематика, как и предложенная И.Г. Павловой, с теми или иными изменениями, дополнениями и вариациями, была использована многими исследователями применительно к уральским объектам.

По составу руд среди медно-порфировых месторождений А.И. Кривцовым [1983; Кривцов и др., 1986] выделяются 4 типа: 1) молибден и медно-молибденовые ($Cu/Mo = 0,4-20$), 2) молибден-медные ($Cu/Mo = 15-40$), 3) молибден-медные ($Cu/Mo = 30-120$, до 235) 4) медные (Mo — до 0,001%) с золотом и серебром. Вообще, количество золота, практически отсутствующего в собственно молибден-порфировых рудах, возрастает с увеличением содержания меди. В последнее время выделяется самостоятельный 5) золото-порфировый тип месторождений.

По геодинамической позиции медно-порфировые месторождения, как уже отмечалось, подразделяются на две большие группы: 1) формировавшиеся в пределах окраинно-континентальных андезитидных вулcano-плутонических поясов и 2) образованные в базальтоидных островодужных поясах. Районы месторождений первой группы («андези-

тоидные»), в зависимости от состава основания вулcano-плутонического пояса, делятся на 3 типа, в которых развиваются характерные для них ряды интрузивных пород с завершающими рудоносными порфировыми интрузиями:

1) районы на древнем кристаллическом основании обладают следующим рядом: диориты, кварцевые диориты → гранодиориты → гранодиорит-порфиры (монцониты, кварцевые монцониты) → граниты → гранит-порфиры;

2) области на осадочном субстрате обычно содержат следующий ряд интрузивных пород: диориты → кварцевые диориты → гранодиориты → монцониты, кварцевые монцониты → кварцевые монцонит-порфиры;

3) районы вулcano-плутонических поясов, развитые на вулканическом основании, содержат: диориты → кварцевые диориты → гранодиорит-порфиры или дацитовые порфириты.

В островодужных базальтоидных поясах развит следующий ряд:

4) диориты → кварцевые диориты → кварцевые диорит-порфиры или плагиогранит-порфиры.

Петрологические особенности рудоносных интрузий рассмотрены С.Р. Титли, Р.Э. Бином [1984]. Ими утверждается принадлежность большинства продуктивных интрузивов к известково-щелочной серии и подчеркиваются отличия «островодужных» интрузивов от «континентальных» по типу щелочности: первые являются преимущественно натриевыми, вторые — калий-натриевыми. Различаются

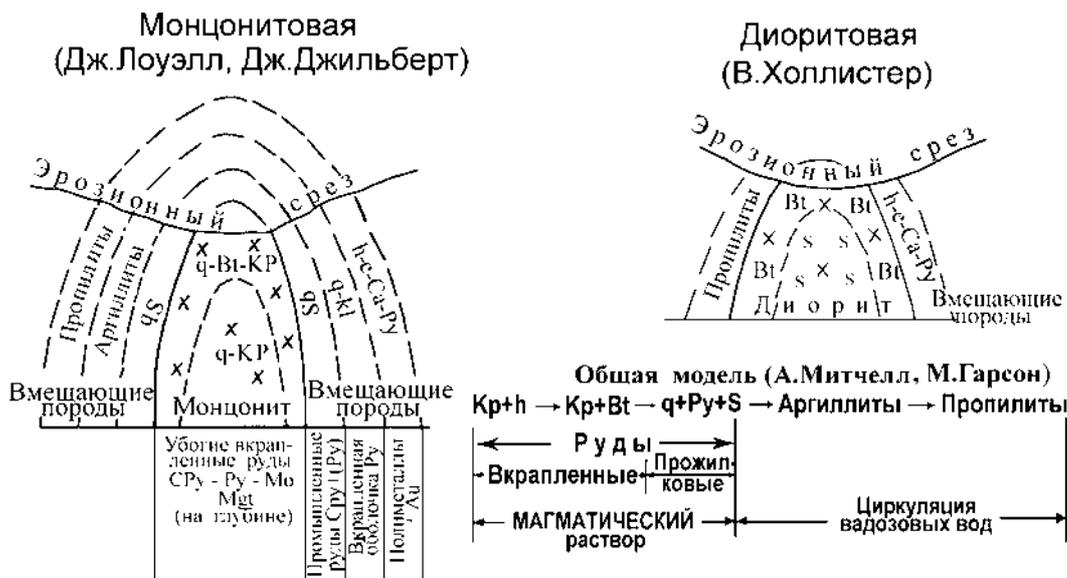


Рис. 1. Типовые модели медно-порфировых месторождений [Lowell, Guilbert, 1970; Hollister, 1974; Кривцов, 1983; Митчелл, Гарсон, 1984]

Условные обозначения: q — кварц, S — серицит, КР — калиевый полевой шпат, Bt — биотит, h — хлорит, e — эпидот, Ca — карбонат, Kl — каолинит, Py — пирит, СРy — халькопирит, Mo — молибденит, Mgt — магнетит

эти группы интрузивных пород и по отношению изотопов стронция: «островодужные» штоки имеют более низкие отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (до 0,705), тогда как это отношение в «континентальных» интрузивах больше 0,705.

Типовые модели медно-порфировых месторождений, разработанные на примерах многочисленных месторождений западных окраин Американских континентов и островных дуг юго-восточного обрамления Азии, показывают распределение зон измененных пород и сульфидной минерализации в интрузивном теле и во вмещающих породах экзоконтактов. Известны 2 основные модели: «монцитонитовая», типичная для месторождений андезитовидных вулканоплутонических поясов районов первого и второго типов (разработана Дж. Лоуэллом и Дж. Джилбертом) и «диоритовая», характерная для базальтоидных островодужных поясов и собственно Cu-порфировых месторождений в районах третьего и четвертого типов (разработана В. Холлистером) — рис. 1. В представленных моделях типовая зональность метасоматической колонны, имеющая вид (от центра к периферии): *калиевый полевой шпат* → *биотит* → *серицит* → *аргиллизит* → *пропилит*, нередко нарушается, и соседние зоны могут меняться местами, как это видно в «диоритовой» модели на рис. 1. Как можно было видеть из приведенных выше типовых рядов интрузивных пород, рудоносные интрузии представлены малыми телами (штоки, свиты даек) порфировых пород. На многих месторождениях основная промышленная минерализация (Mo, Cu), сконцентрированная обычно в эндо- и экзоконтактах интрузивного тела и представленная прожилковым типом руд, на периферии сопровождается полиметаллической минерализацией с золотом (см. «Монцитонитовую модель» на рис. 1). На ряде месторождений встречается также турмалиновая минерализация, в связи с чем иногда выделяется самостоятельный тип медно-турмалиновых месторождений, но А.И. Кривцов [1983] считает, что эта минерализация связана с месторождениями медно-порфирового типа.

Медно-порфировые месторождения и рудопроявления Южного Урала и Мугоджар

На Урале, как и в других провинциях мира, медно-порфировые месторождения представлены различными типами по составу руд, рудовмещающих интрузивов и их палеотектоническому положению. Ниже приводятся сведения о систематизации уральских объектов по данным предшествующих исследователей для территории Южного Урала и Мугоджар.

Типизация медно-порфировых объектов

Уже при первых попытках систематизации медно-порфировых проявлений [Воробьев и др., 1978; Агеева, Волчков, 1982; Контарь, 1986; Белгородский и др., 1987], учитывая обобщения мирового опыта и, в частности, сведения по казахстанским медно-порфировым месторождениям, южноуральские объекты по составу руд и рудоносных интрузивов подразделялись на несколько групп или типов.

В.И. Воробьевым и его соавторами [1978] на Урале выделялись 3 группы медно-порфировых (прожилково-вкрапленных) рудопроявлений и месторождений:

1 — халькопирит-пиритовые (со сфалеритом) в ассоциации с габбродиабазами, габбро и диоритами зоны ранней стабилизации (Цэсовское, Ижбулган, Усть-Губерлинское в Медногорско-Блявинской зоне);

2 — халькопирит-пиритовые с молибденитом, связанные с диоритами и кварцевыми диоритами (Салаватское, Вознесенское в Ирендыкской зоне);

3 — халькопирит-пиритовые с молибденитом и галенитом, ассоциирующие с гранодиоритами и плагиогранитами (Еленовское, Биргильдинское в восточных зонах Южного Урала).

С.Т. Агеева и А.Г. Волчков [1982] рассмотрели 3 обстановки формирования месторождений медно-порфирового типа и соответствующие им рудоносные интрузии и рудопроявления:

1 — барьерные зоны островодужных структур ($S-D_2$), в которых месторождения и рудопроявления связаны с кварцевыми диоритами и диоритами (Салаватское, Вознесенское, Верхнеуральское, Спиридоновское);

2 — локальные прогибы (эвгеосинклинальные) на Восточно-Уральском поднятии (D_2-C_1), среди которых различались: а) рудопроявления в интрузиях, завершающих формирование вулканических комплексов (Ново-Николаевское) и б) месторождения, связанные с интрузивами, вулканические комагматы которых отсутствуют (Биргильдинское);

3 — краевой (Валерьяновский) вулканоплутонический пояс (C_1v-n) андезит-габбродиорит-гранодиоритового состава (Баталинское, Бенкалинское).

Е.С. Контарем [1986] «островодужные» проявления медно-порфировой минерализации были разделены на 3 группы: 1 — формировавшиеся на догеосинклинальном и миогеосинклинальном субстрате (рудопроявления Цэсовское, Ижбулган в Медногорско-Блявинской зоне); 2 — образовавшиеся в барьерных грядах островодужных структур (Салаватское, Вознесенское в Ирендыкской зоне);

3 — сформированные в островодужных структурах на сиалическом субстрате (Биргильдинское и Еленовское месторождения в Восточной мегазоне Южного Урала); к 4-й группе отнесены объекты Валерьяновского окраинно-континентального вулканоплутонического пояса и Тарутинско-Новониколаевской зоны (Баталинское, Бенкалинское и Ново-Николаевское месторождения). Е.С. Контарь обратил внимание на то, что объекты указанных групп различаются по содержанию Мо в рудах: в 1-й группе Мо отсутствует, во 2-й содержится в количестве 0,007–0,009% масс., в 3-й — в количестве 0,02–0,03% масс., до 0,21% масс. на Еленовском месторождении, а в объектах 4-й группы величина Cu/Mo отношения варьирует от 36 (Бенкала), до 125 (Ново-Николаевское) и до 500 (Баталинское). В дальнейшем систематика была усложнена [Контарь, Либарова, 1997; Контарь, 2001], выделено 5 групп проявлений. Из них объекты 1-й и 2-й групп формировались в девоне, в островодужных обстановках (1-й — в барьерных зонах, 2-й — в островных дугах на сиалическом субстрате или, по терминологии Е.С. Контаря, во вторичных геосинклиналях). Проявления 3-й–5-й групп формировались в зонах активизации на стабилизированном основании (3-я группа), на геосинклинальном (4-я группа) и эвгеосинклинальном субстрате (5-я группа) в орогенных условиях (C_{2-3}).

Е.А. Белгородский с соавторами [1987] выделили 2 группы медно-порфировых месторождений:

1 — раннеорогенные и орогенные или эпизвгеосинклинальные (D_3-C_2), характеризующиеся относительно низкими значениями отношения Cu/Mo, составляющими 15–71 до 200; эти месторождения являются аналогами месторождений Коунрад и Кальмакыр в Казахстане;

2 — эвгеосинклинальные или островодужные (S_2-D_2), в которых отношения Cu/Mo меняются от 130 до 500–600 (Бошекульский тип). По данным указанных исследователей, рудоносные интрузии 2-й группы месторождений содержат относительно низкие количества Rb и Sr. В раннеорогенных (C_1) продуктивных интрузиях 1-й группы отмечаются повышенные содержания этих элементов, возрастающие от начальных к конечным членам рудоносных комплексов: Rb (г/т) от 11–40 → 105–130 → 105–135; Sr (г/т) от 165–557 → 640–860.

В 80–90-х годах прошлого столетия наиболее детальные геолого-петрологические и геохимические исследования медно-порфировых систем Урала были выполнены А.И. Грабежеем и его соавторами [Грабежев, Чашухина, 1985; Грабежев, Сотников, Чашухина, 1989; Грабежев, Белгородский, 1992; Грабежев, Русинова, Жухлистов, Мурзин, 1995; Грабежев, Кузнецов, Пужаков, 1998].

По палеотектонической позиции медно-порфировые месторождения и рудопроявления Урала отнесены к 3-м типам [Грабежев, Белгородский, 1992]: I — островодужному, II — переходному, III — эпизвгеосинклинальному. Среди островодужных объектов выделяются Cu-порфировые и Cu-Au-порфировые месторождения, формировавшиеся в базальтоидных островных дугах (Салаватское — Cu, Шекарабулакское — Cu-Au, Вознесенское — Au-Cu) и образовавшиеся в андезитоидных (вторичных) островодужных поясах, имеющие молибден-золотомедный состав руд (Биргильдинское, Зеленодольское). К переходному типу, по данным А.И. Грабежева и Е.И. Белгородского, принадлежат месторождения западного борта Восточно-Уральского прогиба (Михеевское, Ново-Николаевское, Тарутинское), также имеющие Mo-Au-Cu состав. Наконец, эпизвгеосинклинальный (раннеорогенный, C_{2-3}) тип представляют Mo-Au-Cu-порфировые месторождения Александровской (Баталинское) и Валерьяновской (Бенкалинское, Жалтыркольское) зон, связанные с формированием андезитоидных вулканоплутонических поясов.

В цитированной монографии основное внимание уделено геолого-петрографической, петрохимической характеристике продуктивных гранитоидов, микроэлементному составу интрузивных пород и составу и строению метасоматических ореолов месторождений. В соответствии с группировкой месторождений по палеотектоническому принципу выделено 3 группы комплексов продуктивных гранитоидов:

1 — малые интрузии, завершающие циклы островодужного магматизма (S_2-D ; D_2): габбро-диоритовые порфириты, диоритовые порфириты, кварцевые диориты, кварцевые диорит-порфириты, кварцевые гранодиориты;

2 — малые интрузии предорогенного-раннеорогенного этапа существенно плагиогранитоидного состава (C_{1-2}): андезитовые и диоритовые порфириты, плагиогранодиорит-порфиры, кварцевые диориты;

3 — малые интрузии раннеорогенного этапа (C_{2-3}), завершающие становление тоналит-гранодиоритовых плутонов: кварцевые диориты, плагиогранодиорит-порфиры, кварцевые монцодиориты, граносиениты, сиениты и граносиенит-порфиры.

Показано, что породы выделенных групп различаются по содержанию рубидия и стронция: 1) в островодужных интрузивах эти элементы содержатся в количествах (г/т) Rb от 10–30 до 69, Sr от 200 до 350; 2) в предорогенно-раннеорогенных — содержания Rb и Sr сильно варьируют, значения Rb увеличиваются, а значения Sr уменьшаются от ранних к поздним фазам отдельных комплексов,

например, для Михеевского комплекса Rb (г/т) от 19 → 46 → 135, Sr (г/т) от 329 → 222 → 158; 3) в раннеорогенных — содержания Rb варьируют (г/т) от 30 до 150, а Sr (г/т) — от 500 до 1000.

Таким образом, эволюция магматизма, обусловленная сменой геодинамических обстановок, выражается в продуктивных малых интрузиях в общем изменении их состава с увеличением кислотности и щелочности пород и возрастанием содержаний Rb и Sr, как в рядах конкретных комплексов, так и в целом [Грабежев, Белгородский, 1992, табл. 3, с. 52–53].

Разновозрастные медно-порфировые системы различаются и по типу метасоматических ореолов: 1) островодужным месторождениям присущи ореолы пропилитового типа; 2) на месторождениях предорогенного-раннеорогенного этапа (Ново-Николаевский рудный узел) установлены парагонитсодержащие карбонат-серицит-кварцевые метасоматиты и зоны эйситизации и альбитизации; 3) для раннеорогенных месторождений характерны ореолы калишпатового типа с турмалином и магнетитом [Грабежев, Белгородский, 1992, табл. 15, с. 150–151].

А.И. Грабежевым и его соавторами изучен также изотопный состав серы сульфидов, варьирующий в зависимости от фаций глубинности становления продуктивных гранитоидов и формирования оруденения. Так, в I группе **гипабиссальных** месторождений (Тарутинское, Верхнеуральское, Михеевское, Салаватское, Бенкалинское) значения $\delta^{34}\text{S}$ варьируют вблизи метеоритного стандарта, составляя от $-1,3\%$ до $2,5\%$. II группа **субвулканических** объектов (Ново-Николаевское, Жалтыркольское) характеризуется облегченной серой ($\delta^{34}\text{S}$ от $-33,4\%$ до $1,1\%$). В III группу включены месторождения **промежуточной глубинности** с относительно тяжелой серой (Шекарабулак), $\delta^{34}\text{S} = 8,7\%$ [Грабежев и др., 1989]. Для Ново-Николаевского месторождения установлена также прямая корреляция между Cu и Mo и Cu и Au, что объясняется выделением металлов из единого гидротермального раствора при его эволюции [Грабежев, Чашухина, 1985]. Напомним, что при сравнении различных месторождений отмечается обратная корреляция между золотом и молибденом: золотом чаще всего обогащены медные месторождения, а молибден-порфировые объекты почти не содержат золота.

В более поздней работе А.И. Грабежева, Н.С. Кузнецова и Б.А. Пужакова [1998] проблема фаций глубинности рассмотрена на примере месторождений Полетаевской площади, вмещающей месторождения и рудопроявления различных типов: Томинское и Биргильдинское Cu-порфировые,

Биксизакское стратиформное полиметаллическое и Березняковское золото-порфировое. Авторы связывают зональное размещение медной, полиметаллической и золоторудной минерализации этих объектов с образованием из общей гидротермально-магматической колонны на разных уровнях глубинности: медно-порфировой минерализации — мезоабиссальном (Томинское проявление) и гипабиссальном (Биргильдинское месторождение), а полиметаллической и золоторудной — на субвулканическом уровнях [Грабежев и др., 1995, 1998].

Как видно из приведенного обзора, различные систематики, при близости общих подходов, все же значительно отличаются друг от друга. При этом некоторые месторождения у разных исследователей попадают в разные группы. Это связано с недостаточной изученностью медно-порфировых месторождений и дискуссионностью ряда вопросов, прежде всего, спорностью возрастных датировок многих продуктивных интрузивов. В качестве примера можно привести Вознесенское рудопроявление, геологический возраст которого, как показано ниже, определяется то средним девоном, то ордовиком, то ранним девонем. Мало помогают в этом случае и определения абсолютного возраста интрузивов K-Ar методом, в связи с частыми потерями аргона, что отмечают А.И. Грабежев и Е.А. Белгородский [1992]. В некоторых случаях у одних и тех же авторов по мере поступления новых сведений менялись и представления о возрасте рудоносных вмещающих комплексов и рудоносных интрузий, а значит и представления о месте месторождений в общей систематике. Например, в работе 1992 г. Биргильдинское и Зеленодольское месторождения отнесены к островодужному (позднеэвгеосинклиальному) типу девонского возраста [Грабежев, Белгородский, 1992, табл. 2, с. 16], а в более поздней работе А.И. Грабежева с соавторами [1998, табл. 2, с. 28] утверждается, что рудоносные интрузии тех же месторождений формировались в переходную (D_3-C_1) или раннеорогенную стадию. Ряд рудопроявлений на Южном Урале имеет полигенное и полихронное происхождение, что затрудняет определение их места в систематике. Например, такое происхождение имеют Спиридоновское и Тарановское рудопроявления, выделяемые В.И. Сначевым в отдельную группу медно-порфировых объектов [Вулканогенная металлогения ..., 1994].

Наиболее обоснованной фактическим материалом и логичной нам представляется систематика, предложенная А.И. Грабежевым и Е.А. Белгородским [1992], которую мы используем, с некоторым уточнением, при дальнейшем изложении материала.

Основные закономерности размещения и геологические особенности медно-порфировых проявлений

На Южном Урале и в Мугоджарах медно-порфировая минерализация известна почти во всех зонах океанического сектора (рис. 2). Вслед за А.И. Грабежевым и Е.А. Белгородским [1992], по геодинамическим условиям формирования, возрасту и, отчасти, составу нами выделяются 3 основные группы медно-порфировых месторождений и рудопроявлений:

- 1 — формировавшиеся в островодужной обстановке ($O? - D_3 - C_1$);
- 2 — образовавшиеся в рифтогенных ранне-коллизийных условиях (C_1);
- 3 — формировавшиеся в коллизийной обстановке, в андезитовидных вулканоплутонических поясах (C_{1-2}) (таблица).

Среди проявлений первой группы, формировавшихся в островодужных обстановках, отчетливо выделяются 2 подгруппы: 1а — месторождения и рудопроявления ордовикского (?) — среднедевонского возраста, распространенные в западном крыле Магнитогорской мегазоны, в зоне Главного Уральского разлома и Сакмарском аллохтоне (см. рис. 2) и имеющие медный и золото-медный состав; 1б — месторождения и рудопроявления позднедевонско-раннекаменноугольного возраста, развитые в восточном крыле Магнитогорской мегазоны и западном борту Восточно-Уральского прогиба, имеющие преимущественно Mo-Cu-порфировый состав.

Ордовикско(?)—среднедевонские медно-порфировые, золото-медно-порфировые и медно-золото-порфировые проявления западных зон Южного Урала и Мугоджар объединяет золото-медная специализация, наиболее основной состав рудоносных комплексов, содержащих в большинстве случаев габброиды (см. таблицу), и островодужный тип вулканогенных формаций, вмещающих продуктивные интрузивы. Вместе с тем входящие в эту группу объекты занимают различное положение в островодужных формациях.

Медногорское рудопроявление, по данным [Белгородский и др. 1987; Грабежев, Белгородский, 1992], находится в зоне Главного Уральского разлома, на границе Южного и Среднего Урала. Оно залегает среди андезибазальтов, аналогов ирендыкской свиты, в экзоконтакте Круглогорского габбродиоритового плутона. По составу ($Cu/Mo = 600$; $Mo/Au = 13$) отнесено к медно-золотому геохимическому типу. Среди основных эффузивов, прорванных дайками габбродиоритовых порфиритов, развиты крутопадающие зоны прожилково-вкрапленной минерализации.

Вознесенское рудопроявление занимает близкое геологическое положение. По данным [Минина, 1982₁; Шишаков и др., 1988; Грабежев, Белгородский, 1992], оруденение приурочено к Вознесенскому массиву диоритов — кварцевых диоритов, прорванных плагиогранитами (поздняя фаза массива). Вмещающими породами служит осадочно-вулканогенная базальт-андезибазальтовая толща, относимая цитируемыми исследователями к ирендыкской свите ($D_1 - D_{2ef}$), надстраивающей отложения базальтовой поляковской свиты. Рудоносный шток ранее также считался девонским: В.Б. Шишаковым и др. [1988] — позднедевонским, А.И. Грабежевым и Е.И. Белгородским [1992] — среднедевонским или ордовикским (?). Впоследствии С.Е. Знаменским [1994] в районе рудопроявления был выделен вулканоплутонический комплекс ордовикско-позднесилурийского возраста, объединяющий вулканиды базальт-андезибазальтового состава, имеющие островодужные характеристики, и комагматичные им интрузии габбро-диоритового ряда. Относительно древний геологический возраст диоритов рудоносного массива подтверждается определениями абсолютного возраста K-Ar методом по амфиболам, варьирующими от 430 ± 20 млн. лет до 521 ± 40 млн. лет [Грабежев, Белгородский, 1992] или, по данным А.А. Краснобаева, составляющими 450 млн. лет [Знаменский, 1994]. Таким образом, продуктивный магматизм рассматриваемого объекта проявился на заключительном этапе ранне-островодужного (O-S) или более позднего ($D_1 - D_2$) островодужного вулканизма, но в обоих вариантах принадлежность к островодужному режиму не вызывает сомнений.

Пирит-халькопиритовая минерализация, по данным [Шишаков и др., 1988], почти целиком расположена в плагиогранитах поздней фазы массива, сопровождаемая в рудной зоне серицит-кварцевыми метасоматитами и спорадически развитыми альбитизацией и биотитизацией, а в экзоконтакте рудоносного штока — пропицитизацией. Вознесенское рудопроявление отнесено к Au-Cu геохимическому типу на основании сравнительно низкого отношения $Mo/Au = 100$ [Грабежев, Белгородский, 1992].

Салаватское месторождение расположено в Абзелиловском районе Башкирского Урала, на западной границе ирендыкской зоны островодужного вулканизма с Вознесенско-Присакмарской зоной (Главным Уральским разломом). Месторождение всеми исследователями считается эталоном островодужных Cu-порфировых объектов.

Рудовмещающая андезито-базальтовая ирендыкская формация ($D_1 - D_{2ef}$) состоит из 3-х толщ (снизу вверх): 1) известняков и туфоогенно-осадочных

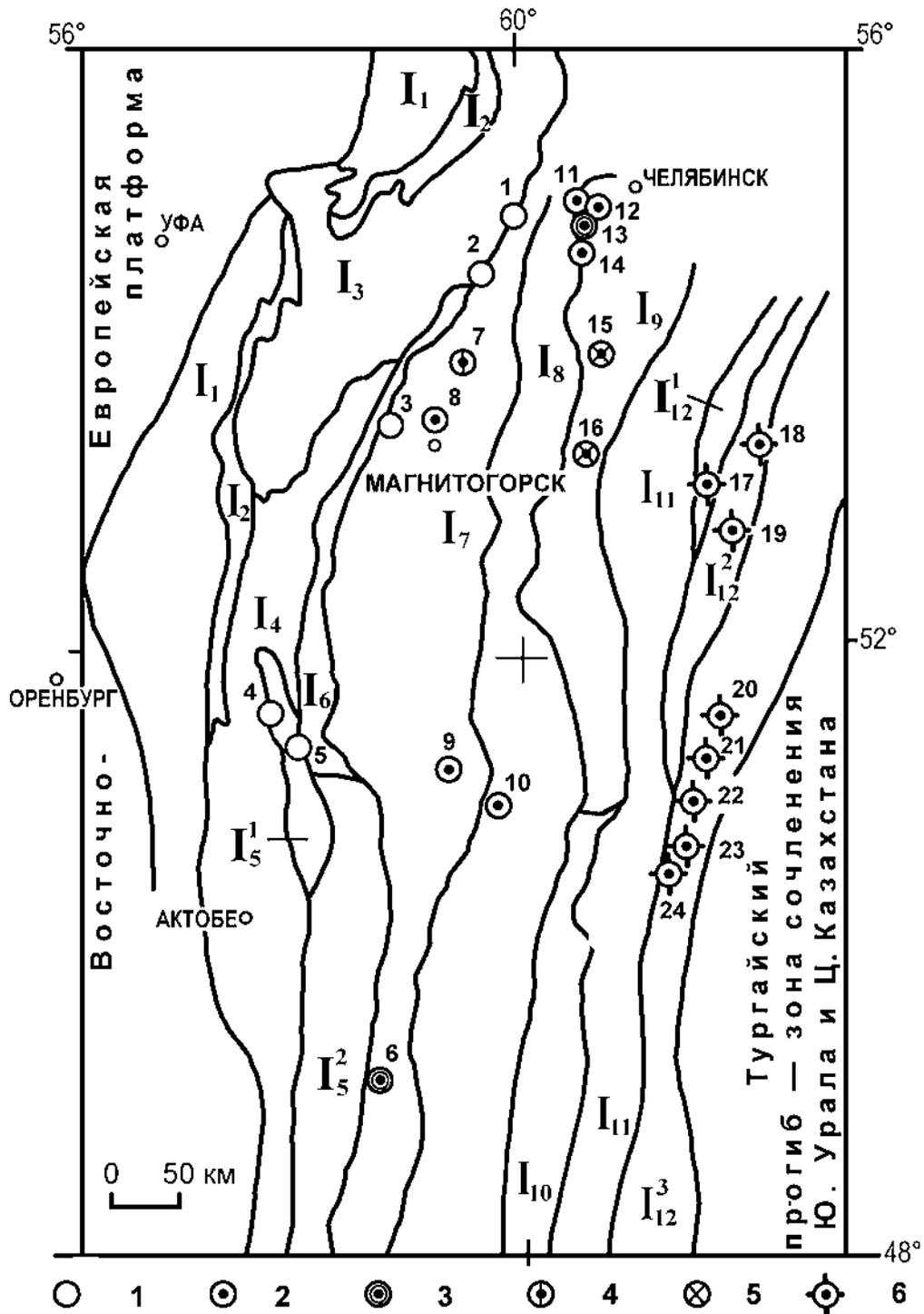


Рис. 2. Схема размещения медно-порфировых (собственно медно-порфировых, медно-золото-порфировых, молибден-медно-порфировых и медно-молибден-порфировых) месторождений и рудопроявлений в структурно-формационных зонах Южного Урала и Мугоджар. Составлена с использованием карты полезных ископаемых России и сопредельных государств (ВСЕГЕИ, 1992), Металлогенической карты Урала (ВСЕГЕИ, 1988), Структурно-формационной карты Южного Урала (Оренбургская область) [Черкасов и др., 1977 г.] и работ [Контарь, 1986, 2001; Грабежев, Белгородский, 1992; Грабежев и др., 1998; Вулканогенная ..., 1994]

Структурно-формационные зоны (римские цифры I₁–I₁₂³): I₁ – Предуральский краевой прогиб, I₂ – Западноуральская внешняя зона складчатости, I₃ – Башкирский антиклинорий, I₄ – Зилаирский синклинорий, I₅ – Сакмарская аллохтонная зона с Сакмарской (I₅¹) и Орь-Илекской (I₅²) подзонами, I₆ – Уралтауский антиклинорий (антиформа), I₇ – Магнитогорская – Западно-Мугоджарская мезозона, I₈ – Восточно-Уральское поднятие, I₉ – Восточно-Уральский прогиб, I₁₀ – Иргизская зона, I₁₁ – Зауральское поднятие

Таблица

Предварительная систематика и характеристика медно-порфировых месторождений и рудопроявлений Южного Урала и Мугоджар

№№*	Названия месторождений и рудопроявлений	Геодинамические обстановки	Металлогенный тип	Состав интрузивных пород**		Геологический возраст	Абсолютный возраст, млн. л.	Cu/Mo	Литературные источники***	
				Комплексы (серия интрузивных пород)	Продуктивные интрузивы					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Медногорское	О с т р о в о д ж и м е	Cu-Au	Ga-Dr	DrP	D ₂		600	5, 11	
2	Вознесенское		Au-Cu	Dr-plGr	qDr-plGrDr	D ₂ (?) O ₂ 3(?)	430±20 450	250	11, 14, 22, 35	
3	Салаватское		Cu (Au-Cu)	GaDrP	qDr-DrP	D ₂		600–2500	11, 21, 23, 33	
4	Цэсовское		Cu	(Ga-GaDr-Dr)	Ga Dr	D ₁			15, 31	
6	Юбилейное (Шекарабулак)		Cu-Au	plGrP	qpl AdamP	D ₂		500	1, 11, 25	
7	Верхнеуральское		Cu-Mo	(Ga-Mon-Sn)	Gr Dr	D ₃ -C ₁	362 341±1	15	11, 29	
10	Еленовское		Mo-Au-Cu	(Dr-GrDr-plGr)	Dr-qDr-GrDr-plGr	D ₂ , D ₃		12; 122–149	11, 16, 30, 32	
11	Биргильдинское		Mo-Au-Cu	GaDrP-DrP	DrP-qDr	D ₃ -C ₁	321±4	17–59 150	11, 13, 16, 28	
12	Томинское		Cu	(Dr-qDr-AnP-DrP-SnDr)	qDr	D ₃ -C ₁	315±10		11, 13	
13	Березняковское		Pb-Zn-Cu-Au	(GaDr-Dr-qDr)	qAnP, qDrP	D ₃ -C ₁	290±26		13	
14	Зеленодольское		Mo-Au-Cu	(GaDrP-DrP)	DrP, qDrP	D ₃ -C ₁		220	11, 36	
15	Тарутинское		Рифтогенная раннеколлизионная	Au-Mo-Cu	(DrP-plGrDrP-AdamP)	qDrP	C ₁	294±40 323±45	250	5, 11
16	Михеевское и Ново-Николаевское			Mo-Cu	(DrP-plGrDrP-AdamP)	Dr-GrDr	C ₁		160–210, 125, 71	5, 11, 15, 16
17	Баталинское		Коллизионная, в вулканоплутонических поясах	Au-Mo-Cu	(Dr-qDr-GrDrP)	GrDrP	C _{2,3}		150, 500	11, 16
18	Тарановское (Варваринское)	Cu-Au		Dr-GrDr	Dr	C ₁ (?)			11, 16	
19	Спиридоновское	Mo-Cu		Dr-GrDr	GrDr	D ₁ (?) C ₂ (?)		11–55	16, 17	
21	Бенкалинское	Au-Mo-Cu		Ga-GrDr, (Dr-qDr-GrDr-GrDrP-GrP)	qDrP-qplGrDr	C _{2,3}		36, 72, 167	3, 11, 15, 16	
24	Жалтыркольское	Mo-Au-Cu		(qMonDr-GrDr-qMonDrP-GrDrP)	DrP-GrDrP	C _{2,3}	300±11	200	5, 11, 17	

Примечания: * номера соответствуют показанным на схеме (рис. 2). ** сокращенные названия пород: Ga — габбро, GaDr — габбродиорит, Dr — диорит, GrDr — гранодиорит, An — андезит, Gr — гранит, Mon — монзонит, MonDr — монцодиорит, SnDr — сиенитодиорит, Sn — сиенит, Adam — адамеллит; q — кварцевый, pl — плагиоклазовый, P — порфирит, порфир (применяются вместе с названиями пород, например: qplGrDrP — кварц-плагиоклазовый гранодиорит-порфир). *** номера соответствуют указанным в списке литературы.

← К рис. 2.

(Троицкая зона), I₁₂ — Кустанайская (Тюменско-Кустанайская) мегазона с Александровской (I₁₂), Денисовской (I₁₂) и Валерьяновской (I₁₂) зонами. **Медно-порфировые месторождения и рудопроявления:** 1–4 — сформировавшиеся в островодужных обстановках: 1 — собственно Cu-порфировые (1 — Медногорское, 2 — Вознесенское, 3 — Салаватское, 4 — Цэсовское, 5 — Ижбулган); 2 — Mo-Cu-порфировые (8 — Московское, 9 — Тумаркольские I, II, 10 — Еленовское, 11 — Биргильдинское, 12 — Томинское, 14 — Зеленодольское); 3 — Cu-Au-порфировые (6 — Юбилейное или Шекарабулак, 13 — Березняковское); 5 — сформировавшиеся в рифтогенной раннеколлизионной обстановке; Mo-Cu-порфировые (15 — Тарутинское, 16 — Михеевское и Ново-Николаевское); 6 — сформировавшиеся в коллизионной обстановке, в андезитиодных окраинно-континентальных вулканоплутонических поясах; Mo-Cu-порфировые и Mo-Cu-Au-порфировые (17 — Баталинское, 18 — Тарановское или Варваринское, 19 — Спиридоновское, 20 — Кункуздинское, 21 — Бенкалинское, 22 — Кумкольское, 23 — Верхне-Терисбулакское, 24 — Жалтыркольское)

пород с прослоями глинисто-кремнистых сланцев; 2) вулканогенного комплекса: андезибазальтовых порфиритов, туфов и агломератов, андезитовых и андезидацитовых порфиритов, дацитовых и риодацитовых порфиритов; 3) туфов, агломератов и эффузивов андезибазальтового и базальтового состава преимущественно К-На ряда. Вулканогенные толщи прорваны субвулканическими телами К-На серии, крайние члены которой представлены диоритами и субщелочными риолитами. Непосредственно на месторождении вулканогенные породы ирендыкской формации прорваны комагматичным им интрузивным телом габбродиоритов и кварцевых диоритов, которое сопровождается дайками лейкократовых диорит-порфиритов и габбро-диабазов.

Сульфидное оруденение Салаватского месторождения образует линзу меридионального простирания протяженностью в 1000 м. Падение рудной зоны западное, под углами $50-70^\circ$, прослежено оруденение до глубины 600 м и не оконтурено. До глубин 450–500 м оно расположено главным образом в западном экзоконтакте интрузивного массива габбродиоритов, в районе его южного выклинивания, но частично захватывает и интрузивные породы. Основной объем сульфидной минерализации развит здесь по вулканогенным породам — субвулканическим риодацитовым порфирам, а также прорывающим их дайкам кварцевых порфиритов, лейкократовых диорит-порфиритов и апофизам массива габбродиоритов. Минерализованные вулканогенные породы среднего и кислого состава слагают на месторождении воронкообразное субвулканическое тело [Магадеев, Исмаилов, 1975; Тимергазина, 1986]. На горизонте 500 м и глубже минерализованная зона не выходит за пределы массива, развиваясь по диоритовым порфиритам [Минина, 1982, с. 52].

Границы рудной зоны нерезкие и определяют по данным опробования. Минерализация носит прожилково-вкрапленный характер, внутри зоны известны маломощные (до 1 м) линзы густовкрапленных и массивных сульфидных руд. Главными рудными минералами являются пирит и халькопирит, второстепенными — молибденит и пирротин, редко встречаются борнит, халькозин, ковеллин, теннантит, сфалерит, галенит, магнетит, гематит и ильменит. Средние содержания меди по месторождению, в зависимости от принятых бортовых содержаний, составляют 0,5–1,3%. Геохимический тип месторождения — медный, что определяется отношениями $Cu/Mo = 600$ и $Mo/Au = 150$ [Грабежев, Белгородский, 1992].

Цэсовское медное прожилково-вкрапленное рудопроявление расположено в западном крыле Блявинской синформы Сакмарской аллохтонной

зоны (см. рис. 2). По данным В.И. Старостина и его соавторов [1972], оно залегает в экзо- и эндоконтактных зонах интрузивного тела, сложенного габбро, габбродиоритами и диоритами. Кроме этого интрузива на участке площадью около 7 км^2 развит еще один массив неправильной формы того же состава, к контактам которого приурочены Заводское, Крыклинское и Центральное медные прожилково-вкрапленные рудопроявления. По тем же данным, рудоносные интрузии комагматичны вулканитам базальт-риолитовой блявинской свиты ($S-D_1$), базальтовую толщу которой они прорывают.

Юбилейное (Шекарабулак-II) золото-порфировое месторождение расположено в южной части Западно-Мугоджарской зоны в полосе развития мугоджарской свиты силура, сложенной базальтами, андезибазальтами и андезитами. По данным [Нарвайт и др., 1974; Абдулин и др., 1976], оруденение представляет собой Cu-Au-кварцевый штокверк в трещинных зонах СВ и СЗ простирания, пересекающих шток плагиогранит-порфиритов. Шток сформировался в 2 фазы внедрения, ранняя из которых представлена биотит-плагиоклазовыми, а поздняя — биотит-роговообманково-плагиоклазовыми гранит-порфирами. Минерализованные зоны расположены в контактах пород поздней фазы, среди гранитоидов ранней фазы и среди вмещающих эффузивов. Рудная минерализация представлена двумя ассоциациями: ранней дорудной (пирит, халькопирит, магнетит и золото), сформированной во вмещающих породах до внедрения плагиогранит-порфиритов, и поздней рудной (золото, ассоциирующееся с гематитом, пирит, халькопирит, борнит, молибденит и др.), образованной после внедрения расплавов поздней фазы. По данным [Грабежев, Белгородский, 1992], рудоносный шток представлен адамеллит-порфирами с содержанием $K_2O = 2,0\%$ масс., отношениями $Cu/Mo = 500$ и $Mo/Au = 5$. Возраст штока и оруденения — средний девон, но есть представления и о более позднем формировании продуктивных гранитоидов Шекарабулака (PZ_3).

Позднедевонские — раннекаменноугольные молибден-медно-порфировые, молибден-порфировое и золото-порфировое месторождения и рудопроявления близки по возрасту и пространственно связаны с субщелочными дифференцированными и андезитовидными вулканоплутоническими комплексами, сформировавшимися в зрелой островодужной обстановке. Оруденение этой подгруппы объектов, в отличие от проявлений предыдущей островодужной подгруппы, содержит заметные количества молибдена (отношения Cu/Mo варьируют от 15 до 220, см. таблицу). Рудоносные интрузивные комплексы в целом имеют несколько более кислый и частично субщелочной состав. Продуктивные штоки представ-

лены диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами и плагиогранитами, часто — порфиоровыми разностями, габброиды среди них не встречаются. В ряде случаев (в Увельской зоне) рудоносные интрузивы прорывают более древние вулканогенные отложения, не являющиеся комагматами рудоносных штоков. Пространственно островодужные проявления позднедевонско-раннекаменноугольного возраста разобщены с более древними островодужными объектами, располагаясь главным образом в восточном борту Магнитогорской зоны и западном борту Восточно-Уральского прогиба (см. рис. 2).

Верхнеуральское рудопроявление, расположенное в северной части Восточно-Магнитогорской зоны, по данным [Салихов и др., 1994], связано с одноименным зональным габбро-монцонит-сиенитовым массивом, в центре которого залегает гранодиоритовый шток, приобретающий в контактах монцодиоритовый состав. Рудная зона почти целиком находится в гранодиоритовом штоке, в небольшом объеме — в габбромонцонитах и монцонитах. Рудопроявление, единственное на Южном Урале, относится к Cu-Mo-порфиоровому типу, отношение Cu/Mo варьирует от 0,7 до 30 (по данным [Грабежев, Белгородский, 1992] Cu/Mo = 15). Рудоносный массив прорывает вулканы базальт-трахитовой формации (D_3fm), комагматом которых он, по-видимому, является [Грабежев, Белгородский, 1992]. Эти же исследователи считают, что по высоким содержаниям рубидия ($Rb \text{ г/т} = 98$) и стронция ($Sr \text{ г/т} = 668$) продуктивные гранитоиды ближе к объектам орогенного этапа (C_{2-3}).

Еленовское месторождение расположено в Еленовско-Кумакской грабен-синклинальной зоне Восточно-Уральского поднятия, выполненной среднедевонским бимодальным вулканогенным комплексом, франской молассой и фаменскими трахиандезитами, трахиандезибаазальтами, конгломератами и песчаниками, прорванными гранитоидами Еленовского массива [Тальнов и др., 1986]. Месторождение также изучалось И.А. Смирновой и В.Л. Черкасовым [1986], Е.С. Контарем и Л.Е. Либаровой [1997], Е.С. Контарем [2001], А.И. Грабежеевым и Е.А. Белгородским [1992] и другими исследователями. Еленовский массив сложен диоритами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами и плагиогранитами, залегающими в ядре массива. Встречаются также граносиениты [Тальнов и др., 1986]. На месторождении, по данным Е.С. Тальнова с соавторами [1986], присутствует оруденение двух типов: кварц-турмалиновое с пиритом и халькопиритом в основных эффузивах и прожилково-вкрапленное медно-молибден-полиметаллическое в гидротермально измененных эффузивах и гранитоидах. В кварц-турмалиновых рудных телах сред-

нее содержание Cu превышает 2%, $Cu/Mo = 122$ (по данным И.А. Смирновой и В.Л. Черкасова $Cu_{cp} = 2,99\%$, $Cu/Mo = 149$), в прожилково-вкрапленных рудах $Cu_{cp} \approx 0,1\%$, достигая 1,5%, $Cu/Mo = 118$. Объемы бедных прожилково-вкрапленных руд значительно превышают объемы богатых кварц-турмалиновых тел. Оба типа минерализации связаны с Еленовским массивом диорит-гранодиорит-плагиогранитного состава, который, по мнению оренбургских геологов, датируется D_{2-3} . Оруденение расположено в экзоконтакте апофизы массива, представленной гранодиоритами, кварцевыми диоритами и гранодиорит-порфирами. Минерализация контролируется тектоническими зонами, секущими напластование эффузивов и ориентированными параллельно контакту интрузии.

Особую группу представляют Биргильдинское, Томинское и Березняковское порфиоровые месторождения, расположенные на Полетаевской площади и образующие Томинский рудный узел [Грабежев и др., 1998]. В эту группу входит и Зеленодольское проявление, расположенное несколько южнее в той же Увельской зоне (см. рис. 2). Эти объекты объединяет связь с малыми интрузиями (штоками, дайками) Биргильдинско-Томинского комплекса кварцевых диоритов (D_3-C_1) натриевого типа (K_2O — от 0,2 до 1,4% масс.; $Rb \text{ (г/т)}$ от 0 до 27), в породах которого калиевый полевой шпат не встречается, а в составе метасоматитов установлен парагонит [Грабежев и др., 1998].

Биргильдинское Mo-Au-Cu-порфиоровое месторождение, расположенное в северо-западной части Полетаевской площади Восточно-Уральского прогиба (см. рис. 2), по данным Л.Н. Ромашовой [1984], залегает среди островодужных вулканических базальт-риолитовой и более молодой базальт-андезит-риолитовой формаций силура или силура — раннего девона, прорванных гипабиссальными массивами плагиогранит-кварц-диоритовой формации. Прожилково-вкрапленное и штокверковое оруденение развито главным образом в северном массиве, образуя три основных рудных тела, тяготеющих к его эндоконтактам. Основными рудными минералами являются пирит, халькопирит и молибденит, второстепенными — магнетит, гематит, пирротин, сидерит, марказит, кобальтин. Установлена зональность в размещении метасоматических пород и оруденения: I внутренняя зона кварц-хлорит-серицитовых изменений по интрузивным породам содержит халькопирит-молибденитовую минерализацию; во II промежуточной зоне в эндо- и экзоконтактах массива, представленной эпидот-хлоритовыми метасоматитами с серицитом, кварцем и биотитом, содержатся пирит и халькопирит; III внешняя биотит-амфиболовая зона с хлоритом и эпидотом, развитая

во вмещающих базальтах, содержит вкрапленность пирита. Рудоносные диоритовые порфириды и кварцевые диориты, ранее считавшиеся девонскими [Грабежев, Белгородский, 1992] или силурийскими [Ромашова, 1984; Контарь, Либарова, 1997], на основании более детальных исследований [Грабежев и др., 1998] стали относиться к позднему девону — раннему карбону (D_3-C_1). Они являются комагматами отсутствующей непосредственно на Биргильдинском месторождении, но распространенной восточнее в пределах того же рудного узла, андезитовидной вулканогенно-осадочной толщи, надежно датированной D_3-C_1 .

Зеленодольское месторождение залегает среди осадочно-вулканогенных толщ базальт-андезит-риодацитового комплекса ($S-D$), прорванных телами кварцевых диоритовых порфиритов (D_3-C_1). Прожилково-вкрапленные рудные зоны развиты как по интрузивным телам, так и по вмещающим их туфам, туфоалевролитам и вулканитам андезитового и андезибазальтового состава.

По данным В.В. Юриша [1982], на месторождении проявлена метасоматическая и рудная зональность, имеющая сложный характер распределения зон: асимметричный в северной и симметричный в южной частях месторождения. Выделяются следующие зоны: I — внешняя, хлоритовых пропицитов, развитых по туфам, отчасти по диоритовым порфиритам; II — биотитовых пропицитов с магнетитом, охватывающая западный экзоконтакт северного штока кварцевых диоритовых порфиритов и развитая в виде небольших разрозненных линз в экзоконтакте южного штока кварцевых диоритовых порфиритов; III — кварц-серицитовых метасоматитов, развитых в западном экзо- и эндоконтакте северного штока и охватывающих весь южный шток и его экзоконтакты; IV — аргиллизитов, замещающих интрузивные породы северного штока и вмещающие породы его восточного экзоконтакта. Рудная сульфидная минерализация наложена на различные метасоматические зоны: пиритовая охватывает зоны III и IV, отчасти — зону II, халькопирит-молибденитовая образует локальные ареалы (рудные тела) по зонам II и III в западном экзоконтакте северного и в восточном экзоконтакте южного штоков; полиметаллическая минерализация образует субмеридиональную полосу среди аргиллизитов восточного экзоконтакта северного штока. По соотношениям Cu, Mo и Au в рудах ($Cu/Mo = 220$, $Mo/Au = 113$) месторождение отнесено к Mo-Au-Cu геохимическому типу [Грабежев, Белгородский, 1992].

Томинское (Северо-Томинское) рудопроявление, занимающее восточное положение в рудном узле Полетаевской площади, по геологической позиции близко к Биргильдинскому и Зеленодольскому

месторождениям, отличаясь от них медным составом минерализации, что связано, по мнению А.И. Грабежева и его соавторов [1998], с мезоабиссальным уровнем формирования оруденения. Рудопроявление представляет собой минерализованный шток кварцевых диоритов (D_3-C_1), локализованный среди базальтов риолит-базальтовой толщи (O_{1-2}). Наиболее богатая прожилково-вкрапленная пирит-халькопиритовая минерализация ($Cu_{cp} = 0,5-0,6\%$) приурочена к эндоконтактам штока [Грабежев и др., 1998].

Таким образом, три рассмотренных объекта объединяет их положение в относительно молодых (D_3-C_1) продуктивных гранитоидах, прорывающих более древние островодужные ($S-D$ и O_{1-2}) толщи. Несколько иную позицию занимают объекты, расположенные в центральной (Мичуринской) зоне Полетаевской площади или Томинского рудного узла. Это полиметаллическое стратиформное месторождение Биксизак и золото-порфировое Березняковское месторождение.

В основании разреза Полетаевской площади лежат метаморфические сланцы PR_{1-2} и $RF-V$, на которых залегает риолит-базальтовая толща (O_{1-2}), имеющая, по мнению А.И. Грабежева, Н.С. Кузнецова и Б.А. Пужакова [1998], рифтогенное происхождение. Со среднего ордовика по средний девон включительно на Полетаевской площади формировались толщи известняков (биксизакская O_2-S_1 толща, первомайская S_{1-2} , березняковская D_1 и клубничная D_2 свиты), перекрытые терригенно-карбонатной зауральской (D_{2-3}) и осадочно-вулканогенной (D_3-C_1), андезибазальт-андезитовой таяндинской (C_1) и олистостромовой (C_1) толщами. Завершается разрез терригенно-карбонатными отложениями C_{1-2} . Позднеостроводужный вулканизм андезитовидной осадочно-вулканогенной толщи (D_3-C_1), которой комагматичны продуктивные гранитоиды, проявился здесь в шельфовой зоне после длительного перерыва магматической активности. В этом заключается специфика геологического положения объектов Мичуринской зоны.

Березняковское золото-порфировое месторождение представлено сульфидным штоком в субвулканическом теле кварцевых диоритовых порфиритов и в его экзоконтактах среди туфов и кластолав андезит-дацитового состава (D_3-C_1). Рудные тела линейной и, реже, изометричной формы — это метасоматически измененные диоритовые порфириды с вкрапленностью и прожилками сульфидов (пирит, теннантит, сфалерит, меньше — халькопирит и галенит), теллуридов и других минералов золота, серебра, свинца и висмута (самородное золото, ртутистый электрум, алтаит, гессит, пильзенит, айкинит, калаверит, сивьянит, крен-

нерит) [Грабежев и др., 1998]. Средние содержания Au в рудных телах — до нескольких десятков г/т, Ag — 3–40 г/т.

Раннекаменноугольные молибден-медно-порфи́ровые месторождения Тарутинско-Новониколаевской зоны залегают в рифтогенной раннеколлизонной структуре. Это Михеевское, Ново-Николаевское, Тарутинское месторождения и ряд мелких проявлений Mo-Cu-порфи́ровой минерализации.

Оруденение *Ново-Николаевского рудного поля* располагается в грабен-синклинали, выполненной вулканогенно-осадочной (андезиобазальт-андезитовой) толщей D_3-C_1 и базальтами C_1 . Они прорваны диоритовыми порфи́ритами, образующими ядра вулкано-интрузивных построек (D_3-C_1) и более поздними продуктивными гранитоидами (диоритовые порфи́риты и плагиогранодиорит-порфи́ры) [Грабежев, Белгородский, 1992]. Оруденение контролируется зонами разрывных нарушений меридионального (Новониколаевское) и северо-восточного (Михеевское) простирания, вмещающими многочисленные дайки и штоки гранитоидов. Рудные тела — зоны измененных (серицитизация, хлоритизация, пропи́литизация) пород с вкрапленностью и штокверками пирита, халькопирита, молибденита — залегают вдоль крутопадающих нарушений и даек, развиваясь в основном по стратифицированным отложениям, но затрагивая и интрузивные породы.

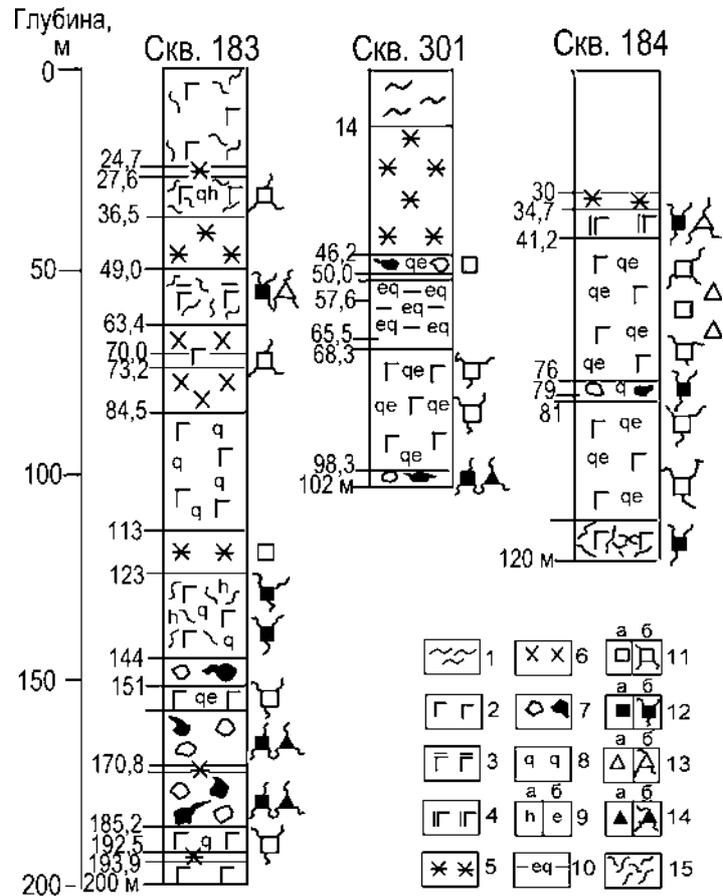
Просмотр керна по Михеевскому месторождению показал, что наиболее интенсивной минерализации подвержены экзоконтакты даек диорит-порфи́ритов и особенно экзоконтакты штоков плагиодиоритов, представленные магматогенными брекчиями, сложенными обломками вмещающих базальтов и содержащими инъекционные выделения и обломки плагиодиорит-порфи́ритов (рис. 3). Брекчии подвержены эпидотизации, хлоритизации и окварцеванию, а также, местами, серицитизации. Сульфидная минерализация во вмещаю-

щих базальтах представлена бедной вкрапленностью пирита, а в контактах даек и интрузивных брекчиях — штокверком пирита и халькопирита. В штокверковых зонах присутствуют относительно ранние прожилки эпидот-кварц-пиритового и хлорит-кварц-пиритового состава и более поздние кварцевые жилки с пиритом и халькопиритом.

По данным А.И. Грабежева и Е.А. Белгородского [1992], минерализованные ореолы обладают зональностью. На Михеевском месторождении в ореоле (от центра к периферии) выделяются следующие зоны: серицитовых и серицит-хлоритовых метасоматитов с парагонитом и эйситами → карбонатизации → пропи́литизации. Рудные тела залегают на границе с пропи́литами, представлены главным образом халькопиритом, пиритом и молибденитом, а также пирротинном, марказитом, баритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом и другими более редкими минералами. Зональность минерализованных ореолов Ново-Николаевского месторождения выглядит так (от центра к флангам): скарны с магнетитом и халькопиритом → халькопирит-борнит-молибденит-пиритовые прожилково-вкрапленные руды → серноколчеданные линзы → жильная и прожилково-вкрапленная минерализация сфалерита и галенита.

Рис. 3. Геологические колонки по скважинам Михеевского медно-порфи́рового месторождения

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — базальты афировые; 3 — базальтовые порфи́риты; 4 — диабазы, габбро-диабазы; 5 — плагиодиорит-порфи́риты; 6 — плагиодиориты; 7 — приконтактные магматогенные брекчии; 8–10 — знаки вторичных изменений: 8 — окварцевание, 9 — хлоритизация (а) и эпидотизация (б), 10 — эпидот-кварцевые метасоматиты; 11 — слабая пиритизация: а) вкрапленная, б) штокверковая; 12 — интенсивная пиритизация: а) вкрапленная, б) штокверковая; 13 — вкрапленность (а) и штокверк (б) халькопирита, слабые; 14 — вкрапленность (а) и штокверк (б) халькопирита, интенсивные; 15 — тектоническое брекчирование



Тарутинское рудопроявление представлено маломощными скарновыми телами в известняках и базальтах среднего девона, представляющих собой останцы среди кварцевых диоритов Карамысловского массива раннекаменноугольного возраста. Скарны сложены гранатом, эпидотом, амфиболом, пироксеном и содержат минерализацию магнетита, пирита и халькопирита [Грабежев, Белгородский, 1992].

Средне-позднекаменноугольные молибден-медно-порфиновые месторождения и рудопроявления восточных зон Южного Урала формировались в андезитовых окраинно-континентальных вулканоплутонических поясах Александровской, Денисовской и Валерьяновской зон (см. рис. 2 и таблицу). В эту группу входят Баталинское, Бенкалинское и Жалтыркольское месторождения, Спиридоновское и Тарановское рудопроявления, как отмечалось, являющиеся полигенными и полихронными. Объекты восточных зон кроме возраста объединяют повышенные содержания молибдена (см. таблицу) и К-На тип продуктивных гранитоидов (содержания K_2O варьируют от 1,3% масс. до 3,5% масс.) [Грабежев, Белгородский, 1992; Белгородский и др., 1987].

Баталинское молибден-золото-медно-порфиговое месторождение, залегающее в Александровской зоне, приурочено к штоку диоритовых порфиритов (C_{1-2} — по данным Е.И. Костерова и C_{2-3} — по данным А.И. Грабежева), выходящему в ядре палеовулкана центрального типа, являющегося составной частью более сложного вулканического массива андезибазальт-андезитового состава. Отношения содержаний в рудах $Cu/Mo = 150$, $Mo/Au = 167$ [Грабежев, Белгородский, 1992]. Рудносные биотит-амфиболовые гранодиорит-порфиры содержат сравнительно высокие количества рубидия ($Rb \text{ г/т} = 90$) и стронция ($Sr \text{ г/т} = 671$), что характерно для орогенных (коллизионных) гранитоидов, завершающих формирование тоналит-гранодиоритовых плутонов [Грабежев, Белгородский, 1992].

В Денисовской зоне известны Тарановское (Варваринское) медно-золотое и Спиридоновское молибден-медное порфировые рудопроявления, залегающие в отложениях нижнего (островодужного) этажа, но связанные, по-видимому, с более поздним коллизионным магматизмом этой зоны.

Тарановское медное золотосодержащее месторождение является полихронным и полиформационным. Среди эффузивных базальтов залегают массивные медноколчеданные руды, они сложно деформированы. Более поздняя золото-арсенопиритовая и прожилково-вкрапленная золото-сульфидная минерализация в зонах скарнирования связана с диоритовыми телами предположительно раннекаменноугольного возраста.

Спиридоновское, Купольное, Фестивальное и ряд более мелких рудопроявлений приурочены к кольцевой вулканотектонической структуре, в которой эффузивы (базальты, андезиты, риолиты) имеют O-S возраст, а прорывающие их гранитоиды Спиридоновского комплекса ранее датировались то девонном, то средним карбоном. В эффузивах залегают серноколчеданные залежи (Купольное и Фестивальное проявления), а с гранодиоритами связана молибден-медно-порфировая минерализация (Спиридоновское рудопроявление). Таким образом, в пределах месторождений или рудных полей оказывается совмещенным разновозрастное колчеданное, золото-сульфидное скарновое и медно-порфиговое оруденение, связанное с магматизмом различных геодинамических обстановок.

Бенкалинское молибден-медно-порфиговое месторождение расположено на юге Валерьяновской зоны. В западной части месторождения размещается одноименный гранитоидный массив, сложенный диоритами, кварцевыми диоритами (1-я фаза внедрения), гранодиоритами (2-я фаза), гранитами (3-я фаза), диоритовыми, кварцевыми диоритовыми порфиритами и плагиогранит-порфирами (завершающая фаза). В восточной части месторождения на палеозойскую поверхность выходят эффузивы и туфы, подвергнутые контактовым изменениям (ороговикование, скарнирование, турмалинизация, баритизация и др.). Вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация развита по брекчированным и измененным контактовым породам — вулканогенно-осадочным образованиям и интрузивным плагиогранит-порфирам. Близвертикальная рудная зона представляет собой блок вулканитов и вулканогенно-осадочных пород валерьяновской свиты, «зажатый» между массивами диоритов и прорванный плагиогранит-порфирами. Рудная минерализация представлена вкрапленностью и прожилками 3-х типов: кварц-пиритовые, кварц-турмалин-молибденит-пирит-халькопиритовые (наиболее распространенные) и золото-барит-гипсовые. С поверхности (под MZ-KZ отложениями) месторождение окислено с образованием (сверху вниз) зон окисления, выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения [Контарь, Либарова, 1997; Агеева, 1982; Грабежев, Белгородский, 1992].

Жалтыркольское месторождение Mo-Au-Cu-порфирового состава расположено на западной границе Валерьяновской зоны (см. рис. 2) и относится различными исследователями то к Александровско-Денисовской зоне [Грабежев, Белгородский, 1992], то к Валерьяновской зоне [Контарь, 2001]. По данным А.И. Грабежева и Е.А. Белгородского, месторождение находится в экзоконтакте Бугетско-Жалтыркольского массива гранодиорит-диорит-

гранитного состава. Молибден-медное оруденение расположено в зоне турмалинизации, биотитизации и серицит-хлоритовых метасоматитов, которые к периферии ореола минерализации сменяются пропилитами, содержащими геохимические аномалии цинка и свинца. Вмещающими породами служат алевролиты, алевропелиты, туфопесчаники (D_3-C_1t), прорванные дайками диоритовых порфиритов. Наиболее богатые руды содержатся в турмалиновых породах и магнетитовых линзах. Возраст продуктивных гранитоидов, среди которых, кроме диоритов и гранодиоритов, встречаются кварцевые монцодиориты и кварцевые монцодиорит-порфириты, определяется как C_{2-3} .

Заключение

1. Медно-порфировые месторождения и рудопроявления Южного Урала формировались в различных режимах и обстановках на протяжении островодужной и коллизионной стадий развития региона. Имеющиеся данные, в основном результаты исследований А.И. Грабежева с соавторами, позволяют выделить 3 типа геодинамических обстановок формирования медно-порфирового оруденения: 1) островодужную, 2) рифтогенную ранне-коллизионную, 3) коллизионную окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов.

2. В размещении медно-порфировых месторождений проявляется зональность, заключающаяся в изменении состава месторождений и рудоносных интрузий. С запада на восток возраст оруденения омолаживается, в месторождениях и рудопроявлениях возрастают содержания молибдена, и собственно медно-порфировые объекты сменяются молибден-медно-порфировыми, что ранее подметил Е.С. Контарь [1986]. Параллельно меняется и состав рудоносных комплексов от габродиоритовых к гранодиоритовым, иногда субщелочным, но с преобладанием роли продуктивных малых интрузий (штоков, силлов и даек) диоритового и кварц-диоритового состава.

3. Несмотря на проведенные комплексные и детальные исследования (см. список литературы), степень изученности медно-порфировых проявлений все еще недостаточна. Особенно это касается возраста продуктивных гранитоидов и оруденения и геологического строения ряда рудопроявлений и месторождений, таких как Цэсовское, Вознесенское, Еленовское и других.

4. К числу актуальных нерешенных проблем принадлежат:

а) соотношения между вулканогенными комплексами и прорывающими их продуктивными гранитоидами (на островодужных объектах);

б) положение оруденения в интрузивах и вмещающих породах, в зависимости от их состава и структуры;

в) определения абсолютного возраста продуктивных гранитоидов различными независимыми методами.

Литература:

1. Абдулин А.А., Байдильдин Э.А., Касымов М.А. и др. Металлогения Мугоджар. — Алма-Ата: Наука КазССР, 1976. — 280 с.
2. Агеева С.Т., Кривцов А.И. Петрохимические особенности вулканоплутонических ассоциаций районов медно-порфирового оруденения // Сов. геология. — 1979. — № 7. — С. 36–48.
3. Агеева С.Т. Геологическая позиция и морфологические особенности зон Северо-Бенкалинского месторождения (Зап. Тургай) // Геология штокверковых месторождений меди Урала и Казахстана. — М., 1982. — С. 14–25. — (Тр. ЦНИГРИ; Вып. 170).
4. Агеева С.Т., Волчков А.Г. Локализация медно-порфирового оруденения на Урале // Разведка и охрана недр. — 1982. — № 9. — С. 14–18.
5. Белгородский Е.А., Грабежев А.И., Федоров В.И. и др. Медно-порфировая минерализация восточных зон Урала // Металлогения Восточно-Уральского поднятия и Зауралья. — Свердловск, 1987. — С. 66–76.
6. Бин Р.Э., Титли С.Р. Медно-порфировые месторождения. Гидротермальные изменения и минерализация // Генезис рудных месторождений. — М.: Мир, 1984. — Т. 1. — С. 278–333.
7. Воробьев В.И., Контарь Е.С., Прокин В.А., Яковлев Г.Ф. Медные месторождения прожилково-вкрапленного типа на Урале // Геология рудных месторождений. — 1978. — № 1. — С. 30–39.
8. Вулканогенная металлогения Южного Урала / И.Б. Серавкин, С.Е. Знаменский, А.М. Косарев и др. — М.: Наука, 1994. — 160 с.
9. Грабежев А.И., Чашухина В.А. О корреляции между элементами медно-порфировых месторождений // Геохимия. — 1985. — № 12. — С. 1792–1794.
10. Грабежев А.И., Сотников В.И., Чашухина В.А. Изотопный состав серы сульфидов медно-порфировых месторождений Урала // Геохимия. — 1989. — № 10. — С. 1508–1512.
11. Грабежев А.И., Белгородский Е.А. Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфировых месторождений (на примере Урала). — Екатеринбург: Наука. Урал. отделение, 1992. — 199 с.
12. Грабежев А.И., Русинова О.В., Жухлистов А.П., Мурзин В.В. Вертикальная рудно-метасоматическая зональность Томинского медно-порфирового рудного узла (Южный Урал, Россия) // Геология рудных месторождений. — 1995. — № 6. — С. 500–510.
13. Грабежев А.И., Кузнецов Н.С., Пужаков Б.А. Рудно-метасоматическая зональность медно-порфировой колонны натриевого типа (парагонитсодержащие ореолы, Урал). — Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. — 172 с.

14. **Знаменский С.Е.** Позднеордовикско-раннесилурийский вулcano-интрузивный комплекс северной части Магнитогорского мегасинклинария и связанное с ним оруденение (Ю. Урал): Препр. / РАН. Уфимский науч. центр. Ин-т геологии – Уфа, 1994. – 20 с.
15. **Контарь Е.С.** Типы и перспективы поисков медно-порфиrowого оруденения на Южном Урале // Металлогения Южного Урала. – Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 63–70.
16. **Контарь Е.С., Либарова Л.Е.** Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. – Екатеринбург, 1997. – 233 с.
17. **Контарь Е.С.** Условия размещения и история формирования месторождений меди, цинка, свинца на Урале: Объяснительная записка к карте размещения месторождений меди, цинка, свинца на Урале. – 1:1 000 000. – Екатеринбург, 2001. – 133 с.
18. **Кривцов А.И., Агеева С.Т.** Петрологические особенности вулcano-плутонических ассоциаций районов меднопорфиrowого оруденения // Советская геология. – 1979. – № 7. – С. 36–48.
19. **Кривцов А.И.** Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфиrowых месторождений. – М.: Недра, 1983. – 256 с.
20. **Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С.** Меднопорфиrowые месторождения мира. – М.: Недра, 1986. – 236 с.
21. **Магадеев Б.Д., Исмагилов М.И.** Состав и геохимические особенности руд Салаватского месторождения // Геология и условия образования месторождений меди на Южном Урале. – Уфа: БФАН СССР, 1975. – С. 100–105.
22. **Минина О.В.** Положение зон медно-порфиrowой минерализации в интрузивах Урала // Советская геология. – 1982, – № 2. – С. 51–55.
23. **Минина О.В.** Салаватское месторождение прожилково-вкрапленных медных руд на Урале // Геология штокверковых месторождений меди Урала и Казахстана. – М., 1982, – С. 9–14. – (Тр. ЦНИГРИ; Вып. 170).
24. **Митчелл А., Гарсон М.** Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
25. **Нарвайт Г.Э., Руденко Б.М., Мирошниченко Л.А., Жуков Н.М.** Медное оруденение Мугоджар. – Алмата: Наука Каз. ССР, 1974. – 174 с.
26. **Павлова Н.Г.** Медно-порфиrowые месторождения (закономерности размещения и критерии прогнозирования). – М.: Недра, 1978. – 275 с.
27. **Попов В.С.** Геология и генезис медно- и молибденпорфиrowых месторождений. – М.: Наука, 1977. – 203 с.
28. **Ромашова Л.М.** Биргильдинское медно-порфиrowое месторождение // Геология рудных месторождений. – 1984. – № 2. – С. 20–30.
29. **Салихов Д.Н., Митрофанов В.А., Юсупов С.Ш.** Верхнеуральское медно-молибден-порфиrowое рудопроявление (Южный Урал): Препр. / РАН. Уфимский науч. центр. Ин-т геологии. – Уфа, 1994. – 45 с.
30. **Смирнова И.А., Черкасов В.Л.** Структурно-формационное районирование и краткий обзор эндогенной металлогении Оренбургского Урала // Металлогения Южного Урала. – Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 38–46.
31. **Старостин В.И., Конкин В.Д., Плотноков А.З.** Новый тип медного оруденения на Южном Урале // Материалы по геологии и полезным ископаемым Оренбургской области. – Челябинск, 1972. – Вып. 3. – С. 168–182.
32. **Тальнов Е.С., Кригер М.А., Рихтер Я.А., Карпов А.М.** Геология и медно-порфиrowая минерализация Еленовского рудного района (Южный Урал) // Металлогения Южного Урала. – Уфа, 1986. – С. 71–78.
33. **Тимергазина А.К.** Околорудный ореол и геологические условия формирования Салаватского меднопорфиrowого и Подольского медноколчеданного месторождений Южного Урала (сравнительная характеристика). – Уфа: БФАН СССР, 1986. – 93 с.
34. **Титли С.Р., Бин Р.Э.** Медно-порфиrowые месторождения. Геологическая позиция, петрология и тектоногенез // Генезис рудных месторождений. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – С. 247–278.
35. **Шишаков В.Б., Сергеев Н.Е., Сурин С.В.** Вознесенское медно-порфиrowое месторождение на Южном Урале // Геология рудных месторождений. – 1988. – № 2. – С. 85–90.
36. **Юриш В.В.** Медно-порфиrowое рудопроявление Зеленый Дол // Геология штокверковых месторождений меди Урала и Казахстана. – М., 1982. – С. 21–26. – (Тр. ЦНИГРИ; Вып. 170).
37. **Hollister V.F.** Regional characteristics of porphyry copper deposits of South America // Soc. Mining Engineers AIME Trans. – 1974. – V. 255. – P. 45–53.
38. **Lowell J.D., Guilbert J.M.** Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits // Econ. Geol. – 1970. – V. 65. – P. 373–408.
39. **Sillitoe R.H.** Relation of metal provinces in western America and the subduction of oceanic lithosphere // Geol. Soc. America Bull. – 1972. – V. 83. – P. 813–818.
40. **Sillitoe R.H.** The Tops and Bottoms of porphyry copper deposits // Econ. Geol. – 1973. – No 6. – P. 799–815.