

УДК 553.441.439(574)

М.С. РАФАИЛОВИЧ

КРУПНОТОННАЖНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ КАЗАХСТАНА И СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Қазақстан мен көрші аймақтардың алтын және түсті металдар ірі тоннажды кенорындарының геологиялық және құрылымдық позициясы, морфологиялық және минералдық-геохимиялық ерекшеліктері қарастырылған.

Рассматриваются геологическая и структурная позиция, морфологические и минералого-геохимические особенности крупнотоннажных месторождений золота и цветных металлов Казахстана и соседних регионов.

The geological and structural setting, mineralogical and geochemical features of large-tonnage gold and non-ferrous metals deposits of Kazakhstan and adjacent regions are considered.

Крупнотоннажные месторождения (КТМ) – большеобъемные скопления минерального вещества в геологических недрах, по количеству, качеству и морфологическим особенностям пригодные для промышленного освоения. КТМ имеют своеобразную форму, отличающуюся от месторождений с плоской морфологией рудных тел; чаще это штоки, трубы, деформированные конуса, «перевернутые» чаши, крупные клинья, линзы, утолщенные пласты, тела сложной конфигурации. Параметры рудных залежей КТМ: длина и вертикальный размах до 1,0-2,0 км, иногда более, мощности от десятков метров до многих сотен метров. Перечисленным требованиям отвечают многие месторождения золота и цветных металлов штокеркового, порфирирового, колчеданного, скарново-метасоматического типов. Особую группу составляют КТМ золота в мощных минерализованных зонах углеродисто-терригенных (черносланцевых) толщ.

Казахстан и сопредельные регионы Центральной Азии – уникальный геологический полигон с разнообразием типов КТМ. В их числе крупные и очень крупные по запасам месторождения мирового класса: медно- и золото-медно-порфирировые Ок-Толгой в Монголии, Кальмакыр-Дальнее в Узбекистане, Коунрад, Актогай, Айдарлы в Казахстане, золото-кварцевое мегаштокерково-

вое Мурунтау в Узбекистане и золото-сульфидно-кварцевое штокерковое Васильковское в Казахстане, золото-сульфидные прожилково-вкрапленные в черносланцевых толщах Сухой Лог в России, Кумтор в Кыргызстане, Кокпатас в Узбекистане, Бакырчик в Казахстане, золото-колчеданно-полиметаллические Риддер-Сокольное, Новоленинское, Тишинское, Орловское в Казахстане и др. Потенциал недр Центральной Азии на открытия новых КТМ далеко не исчерпан. Важно очертить геологические, структурно-морфологические и экономические особенности КТМ, целенаправленно использовать их на разных стадиях прогнозно-металлогенических и геологоразведочных работ.

Одна из главнейших кондиций, определяющих технологию оконтуривания, вскрытия, разработки и обогащения месторождений, – среднее и бортовое содержания полезных компонентов [6, 9]. В настоящей статье КТМ рассматриваются в координатах средних содержаний Au и Cu – химических элементов, обладающих исключительно близким геохимическим средством друг другу (неограниченная растворимость в жидком и твердом состояниях, высокая склонность к самородности, сопоставимые значения многих физико-химических параметров). Тесная ассоциативность Au и Cu в рудообразующих про-

¹ Казахстан, 050008, г. Алматы, ул. Шевченко, 162 Ж, Институт природных ресурсов ЮГГЕО.

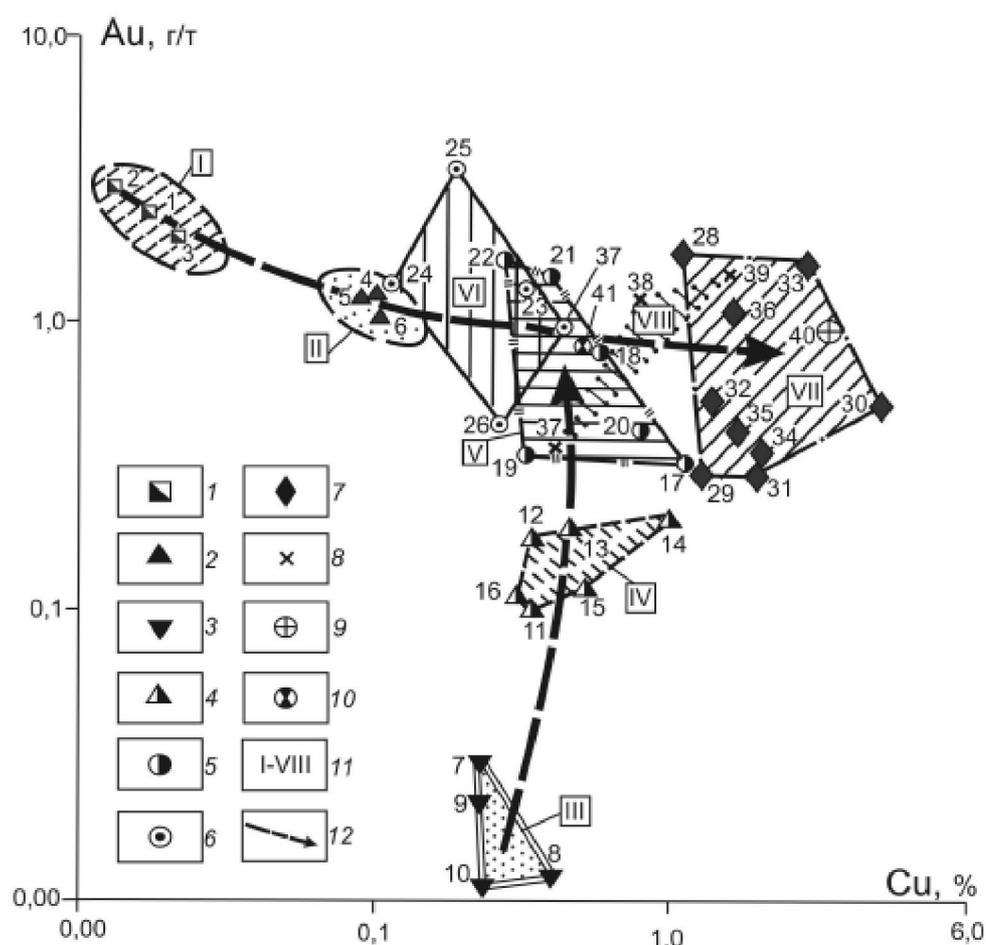


Рис. 1. Крупнотоннажные месторождения золота и цветных металлов Казахстана и сопредельных регионов в координатах средних содержаний Au и Cu, составлено с использованием материалов [3, 8, 13, 14, 19, 22, 27-29]:

I-10 – КТМ: 1 – золоторудные кварц-сульфидные пгтокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0-5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01-0,05 %: 1 – Васильковское, 2 – Джилао (Таджикистан), 3 – Джеруй (Кыргызстан); 2 – золотоносные кварц-сульфидные пгтокверки с низкими содержаниями Au 0,8-2,0 г/т и Cu 0,05-0,2 %: 4 – Когадыр, 5 – Секисовское, 6 – Райгородок; 3 – медно-порфировые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01-0,05 г/т и низкими меди 0,38-0,60 %: 7 – Кзылкия, 8 – Коунрад, 9 – Актогай, 10 – Айдарлы; 4 – золото-медно-порфировые месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1-0,4 г/т и низкими-средними Cu 0,4-1,5 %: 11 – Коксай, 12 – Бозшаколь, 13 – Бенкала, 14 – Ой-Толгой (Монголия), 15 – Tuwu (Северо-Западный Китай), 16 – Duobaoshan (Северо-Западный Китай); 5 – золото-медно-порфировые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-2,0 г/т и Cu 0,4-1,4 %: 17 – Нурказган, 18 – Коктасжал, 19 – Кальмакыр-Дальнее (Узбекистан), 20 – Хармагтай (Монголия), 21 – Андаш (Кыргызстан), 22 – Юбилейное; 6 – золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6-5,0 г/т и очень низкими и низкими Cu 0,1-0,6 %: 23 – Риддер-Сокольное, 24 – Новоленинское, 25 – Долинное, 26 – Зырянское, 27 – Типинское; 7 – золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-3,0 г/т и средними и высокими Cu 1,5-5,0 %: 28 – Майкаин, 29 – Лиманное, 30 – Орловское, 31 – Николаевское, 32 – Акбастау, 33 – Кусмурун, 34 – Малеевское, 35 – Иртышское, 36 – Артемьевское; 8 – золото-медно-скарновые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,5-3,0 г/т и Cu 0,5-2,0 %: 37 – Куру-Тегерек (Кыргызстан), 38 – Саяк IV, 39 – Хантауское; 9 – золото-медно-кварц-карбонатные полиформационные месторождения (жилы, тела порфирового типа) с низкими-средними содержаниями Au 0,8 г/т и высокими Cu 3,0-4,0 %: 40 – Шатырколь; 10 – золото-медные полиформационные месторождения (руды колчеданного, порфирового и жильного типов) со средними содержаниями Au 1,0-2,0 г/т и низкими Cu 0,6-0,7 %: 41 – Варварьинское; 11 – группы КТМ I-VIII с различающимися соотношениями средних содержаний Au и Cu; 12 – векторы максимальной изменчивости концентраций золота и меди

цессах и их устойчивые минеральные парагенезисы в широком спектре месторождений, включая многие разновидности КТМ, общеизвестны. Объектом внимания явились очень крупные, крупные и средние Au, Au-Cu и Cu месторождения штокверкового, скарнового, порфирирового, колчеданного типов. Золоторудные гиганты в черносланцевых толщах, освещенные ранее [18], здесь не обсуждаются.

Для КТМ приняты следующие уровни средних содержаний Au и Cu (соответственно в г/т и %): *предельно низкие* – Au 0,01-0,05, Cu 0,01-0,05; *очень низкие* – Au 0,06-0,4, Cu 0,1-0,4; *низкие* – Au 0,5-1,0, Cu 0,4-1,0; *средние* – Au 1,0-5,0, Cu 1,0-3,0; *средние-высокие* – Au более 5,0, Cu 3,0-5,0. На основании геолого-промышленной систематизации месторождений и изменчивости содержаний элементов, в Центрально-Азиатском регионе можно выделить восемь самостоятельных групп КТМ: 1) золоторудные кварц-сульфидные штокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0-5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01-0,05 %; 2) золотоносные кварц-сульфидные штокверки с низкими содержаниями Au 0,8-2,0 г/т и Cu 0,05-0,2 %; 3) медно-порфирировые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01-0,05 г/т и низкими меди 0,38-0,60 %; 4) золото-медно-порфирировые месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1-0,4 г/т и низкими-средними Cu 0,4-1,5 %; 5) золото-медно-порфирировые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-2,0 г/т и Cu 0,4-1,4 %; 6) золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6-5,0 г/т и очень низкими и низкими Cu 0,1-0,6 %; 7) золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-3,0 г/т и средними и высокими Cu 1,5-5,0 %; 8) золото-медно-скарновые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,5-3,0 г/т и Cu 0,5-2,0 % (рис. 1). Кратко охарактеризуем наиболее выразительные КТМ.

Золоторудные кварц-сульфидные штокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0-5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01-0,05 %. Полные представители – крупные и очень крупные штокверки в интрузивных плутонах Васильковское в Казахстане, Джеруй в Кыргызстане, Джилао в Таджикистане. Объеди-

няющие черты КТМ: образование на мезотермальных глубинах в коллизионную и постколлизионную стадии; морфоструктурные узлы сложного строения (шовные зоны, купола, кольцевые деформации, каркасы разломов, замыкания складок); аномальные геофизические поля (магнитное, силы тяжести, гаммоспектрометрия); многофазные интрузивы гранитоидов повышенной и высокой щелочности I-S-типа; дифференцированные дайковые комплексы с телами аплитов и пегматитов; метаморфизм вмещающих толщ (кварц-серицитовые и углеродистые сланцы, амфиболиты, гнейсы, скарноиды, роговики); единые гидротермальные изменения: калишпатизация, березитизация, пропицитизация, подчинены аргиллизация, альбитизация, хлоритизация; ведущая Au-As-Bi-Te-W-Mo-Cu-U специализация; несколько генераций самородного золота (свободное в кварце, тонкодисперсное в сульфидах); специфические минералы-индикаторы (висмутин, тетрадимит, шеелит, арсенопирит, молибденит и др.); преимущественно изометричная в плане форма золоторудных штокверков; зональное строение штокверков: вверху жильные и жильно-прожилковые руды, на средних и нижних горизонтах – прожилковые и вкрапленные [19].

Эталонное *Васильковское месторождение* расположено в Северном Казахстане на северо-восточной периферии Кокшетауского срединного массива – крупного блока метаморфических пород докембрия, подвергнувшегося в фанерозое интенсивной аккреции и гранитизации. Основные структурные элементы Васильковского рудного района: северо-восточное окончание Володаровско-Васильковской шовной зоны, пересечение региональных разломов северо-западного (Донгульгаашский, Алексеевский), северо-восточного (Васильковско-Березовский) и широтного (Широтный) направлений, Северо-Кокшетауская эллипсоидная купольно-кольцевая структура размером 55x30 км, осложненная куполами второго порядка. Большая часть Васильковского района сложена вытянутым в северо-западном направлении Северо-Кокшетауским куполовидным верхнеордовикским интрузивом зерендинского комплекса (габбро, габбро-диориты, диориты, гранодиориты, плагиограниты, монцититы) [8]. Характерны сложные фазово-фациальные переходы и частая перемежаемость пород, полосчатость, шлировые обособления, наличие

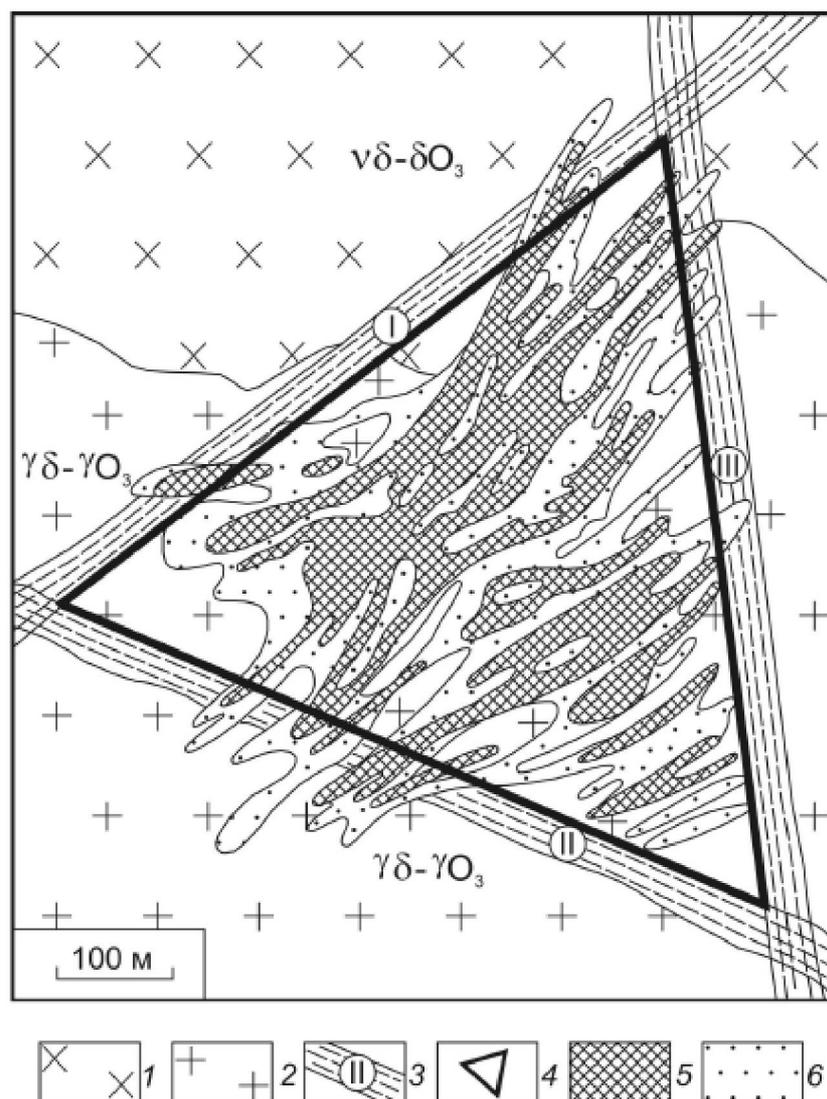


Рис. 2. Золоторудный штокверк Васильковского месторождения (горизонт 115 м, план), по материалам ТУ Севказнедра:
 1 – габбро-диориты и диориты; 2 – гранодиориты и плагиограниты; 3 – рудоконтролирующие системы разрывов:
 I – Березовско-Васильковская, II – Донгульагашская, III – Субмеридиональная; 4 – равносторонний треугольник,
 образованный рудоконтролирующими разрывами (вмещает основной объем штокверка); 5-6 – концентрации золота:
 5 – свыше 1,5 г/т, 6 – 0,8-1,5 г/т

мигматитов, ветвящиеся апофизы. Ранние интрузивные образования габброидного ряда (габбро, габбро-диориты, диориты) характеризуются повышенной щелочностью с преобладанием натрия над калием, поздние кислые разности – пониженными значениями CaO , MgO , суммарного железа и Al_2O_3 при повышенной кремнекислотности, высоком содержании суммы щелочей (10-12%), резком преобладании K над Na . В гранодиоритах развита площадная калишпатизация с порфиробластами вторичного микроклина. Среди дайковых образований преобладают кислые

породы: мелкозернистые граниты, аплитовидные граниты, пегматиты.

Васильковское месторождение приурочено к контакту габбро-диоритов и диоритов с роговообманково-биотитовыми гранодиоритами и плагиогранитами. В плане золоторудный штокверк «вписывается» в равносторонний треугольник с длиной стороны 670 м, образованный тремя системами рудоконтролирующих трещинных зон: северо-западной Донгульагашской 320, северо-восточной Березовско-Васильковской 40-45° и Субмеридиональной 340-350° (рис. 2). В разрезе

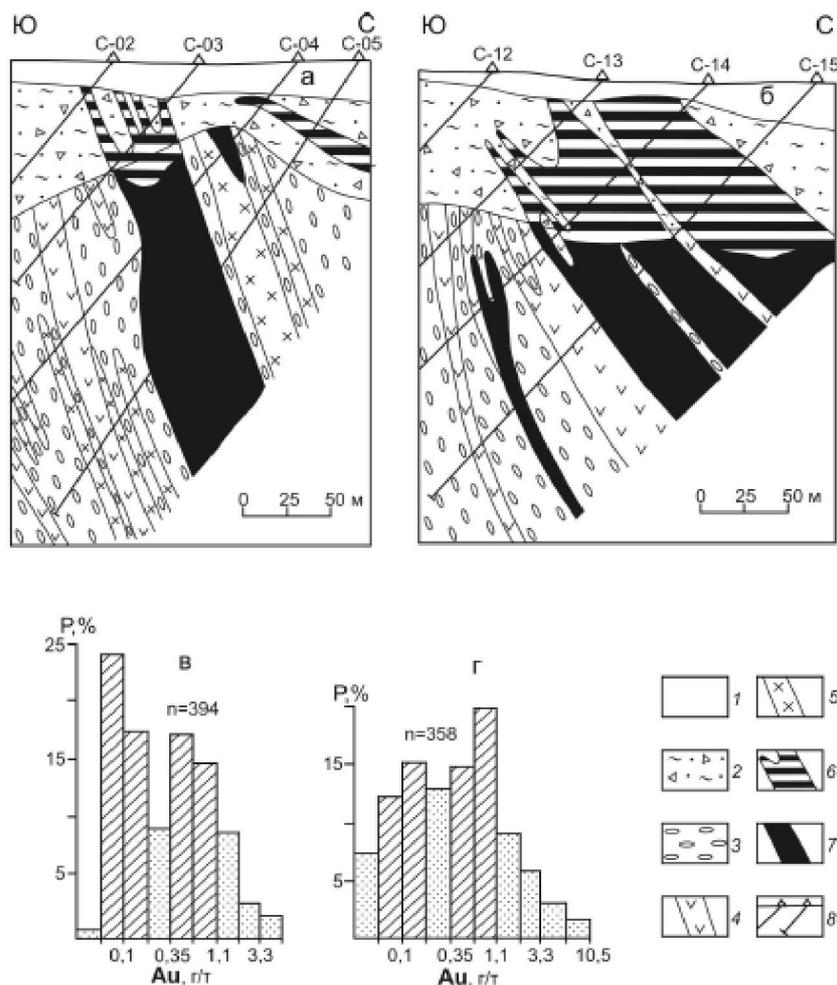


Рис. 3. Золото-сульфидно-кварцевое штокверковое месторождение Райгородок Северный. Геологические разрезы (а, б) и гистограммы распределения золота в минерализованных породах и рудах (в – профиль скважин 02-05, г – профиль скважин 12-15), составил М.С. Рафаилович по материалам компании Central Asia Goldfields: 1 – неоген-четвертичные глины; 2 – кора выветривания; 3 – конгломераты; 4-5 – дайки: 4 – андезитовых порфиритов, 5 – гранодиоритов, диоритов, диоритовых порфиритов; 6-7 – золоторудные тела: 6 – в коре выветривания; 7 – в коренном залегании; 8 – скважины, на гистограммах заштрихованы интервалы с наиболее часто встречающимися содержаниями золота; n – количество проб

штокверк имеет форму виноградной кисти. Вертикальный размах до 1,0-1,5 км. Средние содержания золота 3-5 г/т. Месторождение характеризуется объемно-концентрической метасоматической, минеральной и геохимической зональностью [19].

Золотоносные кварц-сульфидные штокверки с низкими содержаниями Au 0,8-2,0 г/т и Cu 0,05-0,2 %. Штокверки данной группы Райгородок Северный, Когадыр, Секисовское по соотношению Au и Cu занимают промежуточное положение между КТМ первой и пятой групп. Это средние по запасам месторождения золота с линейной морфологией штокверков [19].

Месторождение Райгородок Северный, локализованное на стыке Кокшетауского террейна со Степнякской островной дугой, приурочено к узлу пересечения региональной Новоднепровской зоны разломов северо-восточного направления с оперяющими разноориентированными разрывами. Штокверки склоняются на север под углами 30-50° (рис. 3). Протяженность штокверков до 1,0 км, мощность до 60-100 м. Содержания Au 0,8-6,0 г/т, в маломощных (первые см) кварцевых жилках десятки г/т, редко 100-300 г/т.

Рудовмещающими являются скарнированные конгломераты и гравелиты нижнего ордовика и дайки среднего состава ордовикско-силурийского и силурийского возрастов. Основной объем

золота сконцентрирован в конгломератах и гравелитах, содержащих прослой кварцевых песчаников и карбонатных пород. Породы дислоцированы и изменены. Метасоматические изменения – скарнирование, пропилитизация, кварц-серицитовый метасоматоз. Широко развиты поздние гнезда и жильно-прожилковые образования – эпидот-цоизитовые, пренитовые, хлорит-карбонатные, альбитсодержащие кварцевые, монокварцевые, кварц-карбонатные, нередко с рудной минерализацией.

Рудные минералы: главные – пирит, самородное Au, халькопирит, висмутин, подчиненные – арсенопирит, сфалерит, галенит, молибденит, петцит, пирротин, марказит, редкие – кобальтин, герсдорфит, линнеит-зигенит, кубанит, айкинит, станнин, богдановит, касситерит, шеелит, ковеллин, борнит, халькозин, буланжерит-джерсонит, антимонит, петцит, нагиагит, калаверит, силванит, креннерит, гессит, алтаит, самородный висмут, самородное серебро, штернбергит, сульфосоли Bi.

Самородное золото локализовано в участках пропилитизации, калишпатизации, серицитизации конгломератов, в серицитизированных интрузивных породах, кварцевых и кварц-карбонат-сульфидных жилах. Выделяются ранняя и поздняя генерации.

Раннее тонкодисперсное Au I (пылинки, оазисные скопления, тонкие зерна, жилки, кристаллы) сконцентрировано в пирите и халькопирите. Размер его выделений от первых мкм до 30-40 мкм; при дроблении и перекристаллизации сульфидов Au I укрупняется до 100-120 мкм. Золото высокопробное (900-912), яркой желтой окраски, ассоциирует с висмутином, арсенопиритом, молибденитом. Это подчиненное Au (не более 15-20 %).

Вторая, поздняя генерация Au II определяет баланс благородного металла. Размер выделений от первых мкм до 150-200 мкм; минерал имеет пониженную пробность (840-873), желтую окраску с серым или зеленоватым оттенками. Формы Au II – интерстициальные, округлые, угловатые, прожилковые, губчатые, пылевидные, субкристаллические. Преобладающая масса Au II размещена в межзерновых пространствах и трещинках в кварце и в нерудном агрегате пропилитов и серицитолитов. Золото ассоциирует с индикаторами полиметаллической стадии – сфалеритом, галенитом, блеклыми рудами, джерсонитом-буланжеритом, теллуридами.

Золотосодержащие геохимические ассоциации – Au-As-Cu, Au-Cu-Mo, Au-Bi, Au-Ag, Au-Pb-Zn, Au-Pb-As-Sb. Тесные корреляционные связи Au образует с Cu, Ag, Bi, As, Sb и Pb. Месторождение недоизучено на фланги и глубину.

Медно-порфировые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01-0,05 г/т и низкими Cu 0,38-0,60 %. Крупные рудные объекты Коунрад, Актогай, Айдарлы, имеющие каменноугольный возраст, развиты в Северном Прибалхашье в центральной части Прибалхашско-Илийского вулканоплутонического пояса (ВПП) [13, 14]. Классификационно-признаковая модель этих месторождений, как и большинства медно-порфировых систем, включает, по [10], следующие элементы: вмещающая рама; породы рудоносной плутоногенной магматической формации (Токрауский и Колдарский дифференцированные плутоны); порфировые образования; брекчиевые тела, надстраивающие порфировые штоки; метасоматиты, подчиненные порфировым телам; рудоносные штокверковые трещинные системы, конформные порфировым интрузивам; пиритовые ореолы; сопутствующая Pb-Zn, Cu-B, Cu-As и иная минерализация (рис. 4). Коунрад и месторождения Актогайского поля (Актогай, Айдарлы, Кзылкия) сходны по многим параметрам. В рудообразующей вертикальной колонне Коунрад занимает более высокое положение относительно Актогая. Для Коунрада в большей степени характерны средне-низкотемпературные метасоматические образования: вторичные кварциты, аргиллизиты, серицитизированные и окварцованные породы; для рудоносных систем актогайского типа более свойственна филлитизация (кварц, серицит, хлорит).

Месторождение Актогай выполняет мульду размером 4,5x3,0 км, сложенную вулканогенно-осадочными породами позднего палеозоя (андезиты, дациты, риолиты, их туфы, туфолавы, песчаники, алевролиты) и Колдарским интрузивом диорит-гранодиоритов C₃ возраста. Рудный штокверк Актогая – эллиптический конус, выклинивающийся на глубинах более 700-800 м в виде конформных струй различной мощности (рис. 5). Длина штокверка 2500 м, ширина 50-830 м. Наиболее протяженные рудоносные струи (подводящие каналы) осложнены разрывной тектоникой, малыми телами плагиогранит-порфиров, порфировидных гранодиоритов, взрывных

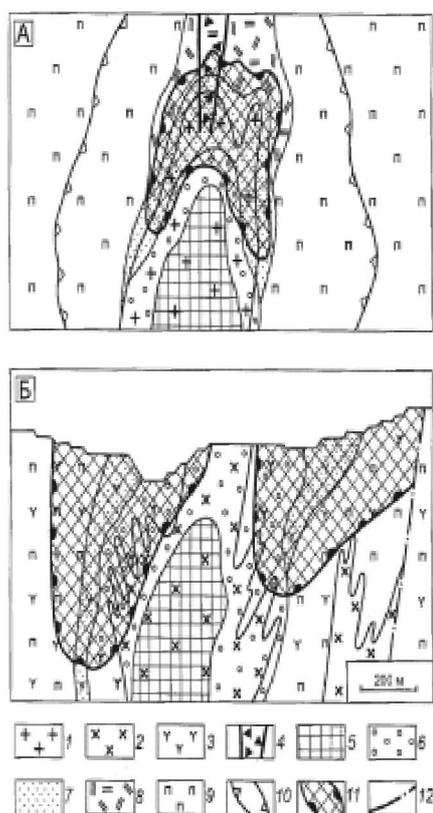


Рис. 4. Медно-порфировые месторождения:

А – генерализованная модель, по [10],

Б – рудно-метасоматическая модель месторождения

Кальмакыр в Узбекистане, по [5]:

1 – рудоносный порфировый интрузив; 2-3 – магматические образования месторождения Кальмакыр: 2 – шток кварцевых монцитит-порфиров, 3 – монцититы; 4 – брекчиевая трубка; 5 – кварцевое ядро; 6 – кварц-биотит-кальцитовая зона; 7 – кварц-серицитовая, кварц-хлорит-серицитовая зона (филлизиты); 8 – зона аргиллизации; 9 – пропилитовая зона; 10 – границы ореола интенсивной пиритизации; 11 – контуры промышленных руд; 12 – разломы

брекчий. Эксплозивные брекчии (ЭБ) сечением десятки метров, максимально 100-150 м, протяженностью до 300-500 м развиваются по плагиогранит-порфирам, диорит-гранодиоритам, эффузивным породам. Форма ЭБ – трубчатая, пластинчатая, клиновидная, вертикальная протяженность до 400-600 м.

Основные рудные минералы – халькопирит, молибденит, пирит, магнетит, подчинены борнит, халькозин, сфалерит, галенит, блеклые руды и др. Максимумы отложения Cu и Mo совпадают. Содержание пирита повышается от центральной части штокверка (безрудное кварцевое ядро) к внешней зоне. Свинцово-цинковая минерализация локализована по периферии рудного тела. Сред-

ние содержания Cu 0,385 %, Mo 0,008 %, Ag 1,18 г/т, Au 0,034 г/т, Se 1,8 г/т. Примеси – Bi, Sn, Ni, Co [13, 14].

Золото-медно-порфировые месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1-0,4 г/т и низкими-средними Cu 0,4-1,5 %. Эта группа КТМ включает гигантское месторождение Ок-Толгой в Монголии, крупные месторождения Бозшаколь и Коксай в Казахстане, Tuwu в Северо-Западном Китае и др. Геодинамические обстановки формирования месторождений – островные дуги и ВПП. Гигант Ок-Толгой (запасы меди 32 млн. т, золота 1000 т, средние содержания Cu 1,16 %, Au 0,35 г/т) охарактеризован в [27]. Рассмотрим казахстанские прототипы Бозшаколь и Коксай (см. рис. 5).

Au-Cu-Mo-порфировое *месторождение Бозшаколь* кембрийского возраста расположено в одноименной энзиматической дуге, в Бозшакольской антиклинали субширотного простирания [4, 13, 14]. Площадь сложена андезитовыми, андезито-базальтовыми порфиритами и малыми штокообразными интрузивами плагиогранит-порфиров. Поперечными нарушениями территория разбита на Восточный, Центральный, Западный и Дальне-Западный блоки. Суммарная длина рудной зоны 5,9 км при ширине 41-650 м и вертикальном размахе до 1000 м.

Важный поисковый критерий – тела эксплозивных брекчий. ЭБ сопровождают сульфидное оруденение на Восточном, Центральном и Западном участках. На Восточном и Центральном участках развиты крупнообломочные ЭБ. Обломки эффузивных и интрузивных пород до нескольких метров в поперечнике сцементированы небольшим количеством мелкообломочного материала того же состава. Ветвящиеся тела брекчий сечением от 20-40 м до 100-150 м, имеющие вертикальное падение, служили каналами поступления рудоносных гидротермалитов. На Западном участке обломки ЭБ сложены вулканитами среднего-основного состава, цемент – гранодиорит- и плагиогранит-порфирами криптозернистого строения. Интрузивные, вулканогенные и эксплозивные образования пропилитизированы (кварц, хлорит, гидробиотит, кальцит, пирит, магнетит, альбит, пренит, пумпеллиит, эпидот, гематит, цеолит, сидерит, флюорит).

Главная залежь Бозшаколя имеет протяженность по простиранию до 2900 м, по падению до

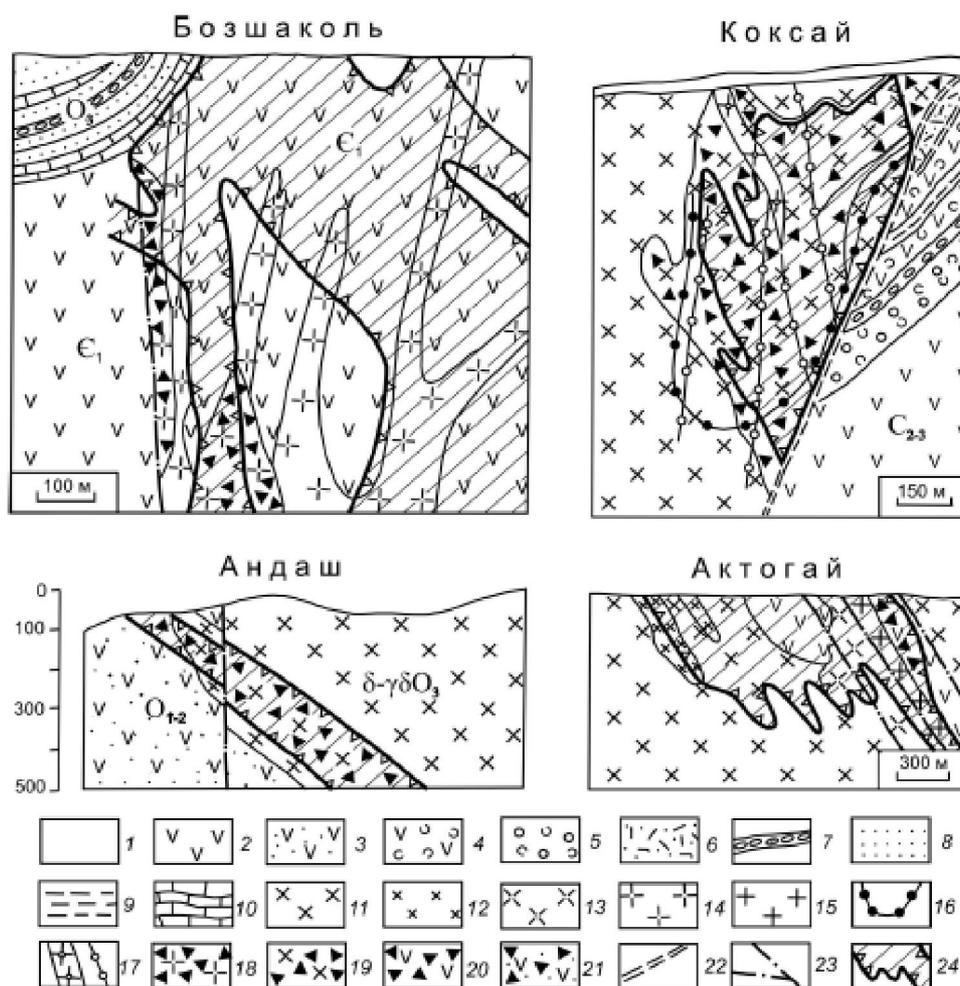


Рис. 5. Эксплозивные брекчии на золото-медно-порфировых месторождениях Бозшаколь, Андаш, Коксай, Актогай (геологические разрезы), по материалам [4, 13, 14, 28, 29]:

1 – современные рыхлые отложения; 2 – вулканогенные отложения (Бозшаколь – андезито-базальтовые порфиры и их туфы, Коксай – андезиты, дациты, Актогай – андезиты, дациты, риолиты и их туфы); 3 – вулканогенно-терригенные породы (андезиты, песчаники Андаша); 4 – туфы смешанного состава; 5 – туфоконгломераты; 6 – игнимбриты, туфы, туфобрекчии риолито-дацитов; 7 – прослой конгломератов; 8 – песчаники; 9 – углисто-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, туфопесчаники (Коксай); 10 – известняки; 11 – плутоны диорит-гранодиорит-плагиигранитового ряда (Андашский – диориты, гранодиориты, Коксайский – кварцевые диориты, диориты, гранодиориты, тоналиты, плагииграниты, Колдарский – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты); 12 – мелкозернистые порфировидные диориты (Актогай); 13 – рудоконтролирующие гранодиориты, плагиигранит-порфиры Актогая; 14 – рудоконтролирующие плагиигранит-порфиры Бозшаколя; 15 – порфировидные гранодиориты Актогая; 16-17 – дайки Коксая: 16 – диабазов и диабазовых порфиров, 17 – «красных» плагиигранит-порфиров; 18-21 – эксплозивные брекчии: 18 – по плагиигранит-порфирам Бозшаколя, 19 – по диорит-гранодиорит-плагиигранитам Андаша и Коксая, 20 – по вулканитам Бозшаколя и Актогая, 21 – по вулканогенно-терригенным породам Андаша; 22 – Коксайский разлом (зона смятия и милонитизации); 23 – разрывы второго и третьего порядка; 24 – рудоносные штокверки порфирового типа

650 м, мощность от первых метров-десятков метров до 285 м. Текстуры руд – вкрапленная, прожилково-вкрапленная, брекчиевая. Рудные минералы – пирит, халькопирит, магнетит, молибденит, сфалерит; реже – галенит, марказит, маггемит, мушкетовит, мартит, борнит, гематит, блеклая руда, пирротин, линнеит, висмутин, теллуру-висмутид Pd, гессит, алтаит, сильванит, теллуру-

висмутит, самородное Au, электрум, самородное Ag. Нерудные – кварц, калиевый полевой шпат, биотит, хлорит, кальцит, серицит, флюорит, гипс, цеолиты. Средние содержания в рудах: Cu 0,72 %, Mo 0,014 %, Au 0,28 г/т, Ag 9,26 г/т, Se 3,8 г/т, Co 0,02 %.

Месторождение Коксай расположено в Южно-Джунгарском сегменте Прибалхашско-

Илийского ВПП в широтной палеовулканической кальдере размером 9,8-3,7 км [13, 14]. В геологическом строении Коксаия участвуют гранитоиды одноименного интрузива и вулканогенно-осадочные породы алтынэмельской свиты верхнего палеозоя (см. рис. 5). Коксайский интрузив слагают: габбро и габбро-диориты ранней фазы, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, гранодиориты и плагиограниты основной фазы, биотит-кварцевые гранодиориты и плагиогранит-порфиры дополнительной фазы. Отмечаются дайки аплитов, пегматоидных гранитов, «красных» плагиогранит-порфинов, диабазов, габбро-диабазов, диабазовых и диоритовых порфиритов. Интрузив отделяется от вмещающих туфопесчаников, туфов, андезитов, углисто-глинистых сланцев Коксайским разломом крутого 65-70° южного падения.

Гранитоиды основной фазы в зоне северного эндоконтакта Коксайского интрузива прорваны «слепым» штоком гранодиорит-плагиогранит-порфинов, дайками пестрого состава, эксплозивными брекчиями, образующими в совокупности рудоносную клиновидную фигуру субширотного простирания длиной до 2000 м, шириной 90-315 м. Острие клина залегает на глубинах 1000-1200 м. ЭБ состоят из угловатых и слегка окатанных обломков гранитоидов всех интрузивных фаз, редких мелких сколков вулканитов алтынэмельской свиты, кварц-хлоритовых сланцев и кварцитов. Обломки от долей см до 2,0-3,0 м сцементированы микробрекчиевым песчаным материалом.

Метасоматиты Коксаия – калишпат-биотитовые и хлорит-серицит-кварцевые образования. Калишпат-биотитовому изменению подвержены гранитоиды основной и дополнительной фаз. Хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты, распространенные в гранитоидах и брекчиях, повторяют контура рудной минерализации. Образование рудного штокверка началось с отложения темно-серого жильного кварца и молибденово-медной минерализации. Затем формировались жильные калишпат и биотит, далее – жилки светло-серого гребенчатого кварца с серицит-хлоритовыми оторочками, с которыми ассоциируют барит, апатит и полисульфидная минерализация с поздними молибденитом, самородными Au и Bi. Рудный процесс завершился отложением карбонатных прожилков, содержащих вкрапления пи-

рита, халькопирита, борнита, галенита, гематита.

Рудная залежь Коксаия наследует форму брекчиевого тела. Текстуры руд – вкрапленная, прожилковая, полосчатая, прожилково-вкрапленная, брекчиевидная. Средние содержания Cu 0,52 %, Mo 0,005 %, Au 0,12 г/т, Ag 1,24 г/т, Se 3,5 г/т, Te 1,1 г/т. В повышенных концентрациях присутствуют Pb, Zn, Re, Bi, Sn, Ni, Co, Ti.

Золото-медно-порфировые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-2,0 г/т и Cu 0,4-1,4 %. Примеры КТМ – гигантское Кальмакыр-Дальнее в Узбекистане, крупные Нурказган в Казахстане, среднее Андаш в Кыргызстане, Хармагтай в Монголии и др. (рис. 4-6). Геодинамические обстановки формирования – краевые ВПП девонского и позднепалеозойского возрастов, разновозрастные островодужные системы (ордовикские, девонские, позднепалеозойские).

Гигантское месторождение *Кальмакыр-Дальнее* (ресурс Cu более 20 млн. т, Au более 2500 т, средние содержания Cu 0,5 %, Mo 0,005 %, Au 0,5-0,6 г/т, Ag 2,6 г/т) находится в краевом Бельтау-Кураминском ВПП позднепалеозойского возраста (Узбекистан). Метасоматическая модель характеризуется сменой зон гидротермальных изменений от центра порфирового интрузива к периферии: кварцевая → кварц-биотит-калишпатовая → кварц-серицитовая (филлизитовая) → пропилитовая [10, 22, 30]. Аргиллизиты фрагментарно проявлены на верхнем горизонте на границе филлизитов и пропилитов. Пропилиты в верхней части обогащены альбитом, хлоритом, эпидотом, карбонатом, местами алунином, в низах разреза – актинолитом, ортоклазом, биотитом.

Минеральная зональность Кальмакыра: ангидрит, молибденит, кварц, халькопирит, магнетит, пирит, карбонаты, полисульфидный парагенезис (халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды) с самородным Au и теллуридами Au и Ag, гематит, цеолиты, барит. Надрудно-верхнерудная ассоциация элементов – As, Bi, Pb, Sb, Ag и Au. Золото образует более широкие эндогенные ореолы, чем Cu и Mo, являясь индикатором скрытого Cu-Mo оруденения. От верхних горизонтов к глубоким, по И.М. Голованову, уменьшаются Cu/Mo и Au/Mo, содержания Pb в халькопирите (от 0,6 % до 0,1 %) и пирите (от 0,3 % до 0,05 %). В халькопирите с глубиной увеличиваются концентра-

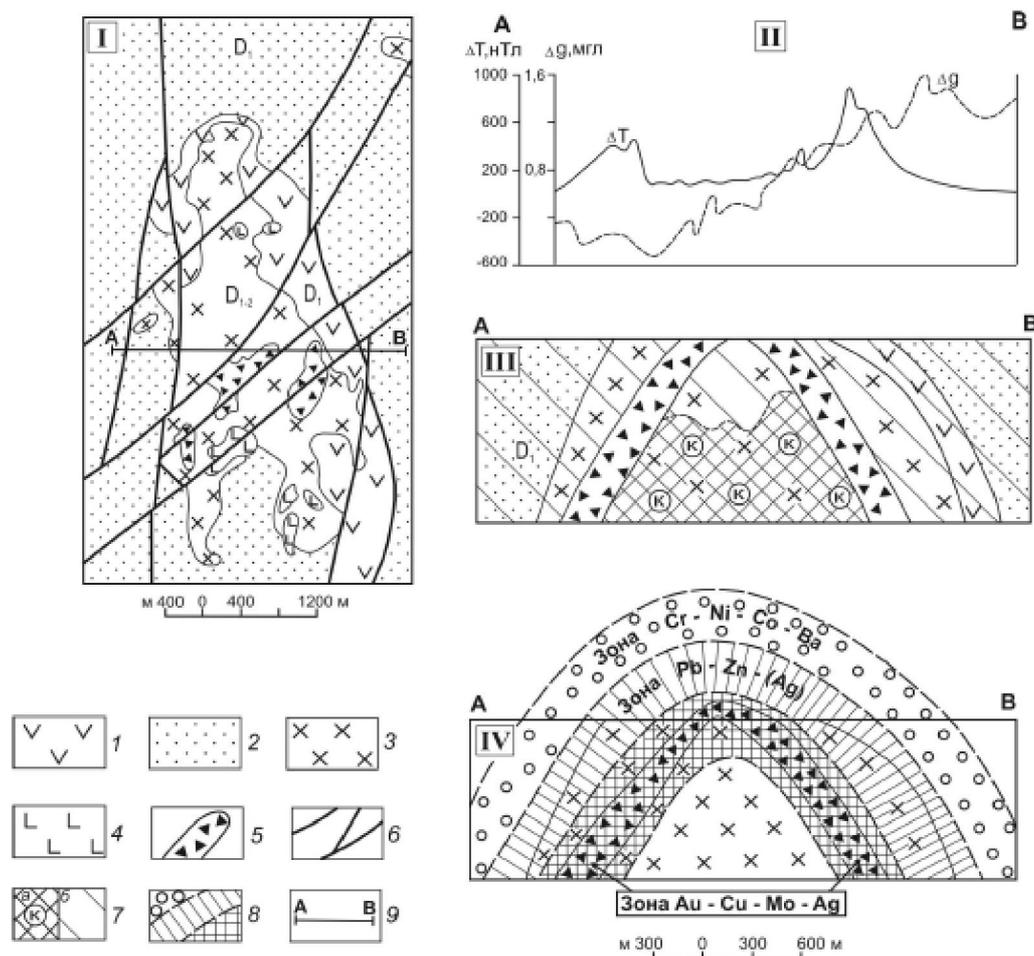


Рис. 6. Золото-медно-порфировое месторождение Нурказган в Центральном Казахстане. Геологическая схема (I), геофизический профиль (II), геологический разрез (III) и модель геохимической зональности (IV), по материалам [7, 17, 20, 23, 25]:

1 – агломераты, туфы, лавобрекчии андезито-базальтов с субвулканическими телами андезибазальт-порфиров (D₁); 2 – песчаники, конгломераты, алевролиты (D₁); 3 – Тюлькулинский интрузив диоритов, гранодиоритов, гранодиорит-порфиров, монзонитов; 4 – штоки габбро-диоритов, габбро-норитов; 5 – рудоносные гидротермально-эксплозивные брекчии; 6 – разломы; 7 – метасоматиты: а – калишпатиты, б – пирит-кварц-серпичитовые породы; 8 – геохимические зоны (в геологическом разрезе); 9 – линия геологического разреза

ции Mo (от 200 до 600 г/т) и Se (от 40 до 100 г/т); в пирите – Se (от 40 до 80 г/т), Bi (от 30 до 108 г/т), Te (от 3 до 10 г/т). Описание прогнозно-поисковой модели Кальмакыра приводится в [5].

Месторождение Нурказган располагается в широтной ветви Центрально-Казахстанского девонского ВПП, в Тюлькулинской вулканоструктуре на пересечении субмеридионального Тюлькулинского глубинного разлома с разрывами северо-восточного направления (рис. 6). В геологическом строении месторождения, по [7, 12, 23], участвуют породы терригенно-вулканогенной шешенкаринской свиты нижнего девона

(агломератовые туфы и вулканомиктовые конгломераты андезибазальтового состава, вулканомиктовые алевролиты, граувакки, песчаники), прорванные Тюлькулинским плутоном. Интрузив меридионального направления имеет протяженность 5 км при ширине от первых сотен метров на северном и южном флангах до 2 км в центральной части. В нем развиты породы двух комплексов: преобладающего известково-щелочного нижнедевонского карамендинского (кварцевые диориты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры с дайками диабазов, кварцевых диорит-порфиров, гранодиорит-порфиров, плагиогранит-порфи-

ров) и подчиненного субщелочного среднедевонского коккудуктюбинского (монцитониты, кварцевые монцитониты, граносиениты).

Месторождение отмечается аномальным магнитным полем (магнетит, пирротин, пирит), образующим кольцевую структуру размером 1,3х1,5 км со значениями ДГ в ядерной части до 100-200 нТл и повышениями до 400-800 нТл в периферийной зоне. Площадь картируется пониженными значениями поля силы тяжести Dg [7].

Главный рудоконтролирующий и рудоносный элемент Нурказгана – минерализованные эксплозивные брекчии округлой, трубообразной, неправильной форм размерами 500-900х250-300 м. Они прорывают гранитоиды карамендинского комплекса в зонах разломов северо-восточного направления. Центральная и Восточная эксплозивные трубки склоняются соответственно на запад и восток под углами 60-65°, образуя характерную структуру «колокола». Ширина Центральной трубки до 500 м. Обломки в брекчиях представлены порфиroidными диоритами, гранодиоритами и гранодиорит-порфирами; размер обломков 1-10 см, редко до 1,0 м, очень редко это глыбы 1-10 м и более. Цемент мелкобрекчиевый, мелкозернистый, диорит-гранодиоритового состава. Выделяются брекчии: дробления с незначительным смещением однородных обломков; вращения с сочетанием округлых и угловатых обломков различного состава; флюидалные брекчии, заключенные в тонкополосчатом агрегате с риолитовой или туфоподобной структурой. Рудные и вторичные нерудные минералы развиваются по обломкам и цементу. Мелкие обломки и перетертый материал, почти нацело замещенные серицитом, хлоритом, кварцем, калишпатом, содержат богатую минерализацию (Cu до первых %, Au 1,0 г/т и более). Крупные обломки и глыбы представляют бедную руду (Cu 0,3-0,7 %, Au 0,1-0,3 г/т). Руды различного качества группируются в штокверковые тела, повторяющие форму вмещающих брекчий.

Существенный поисковый критерий – гидротермалиты длительного формирования [20, 23]. В связи с вулканизмом шешенкаринского времени образовались тела вторичных кварцитов с примесью алунита. На поверхности, в гранитоидах центральной части Нурказгана, расположены пирит-кварц-серицитовые (местами с каолинитом) метасоматиты. По периферии развит эпи-

дот-хлорит-альбитовый парагенезис. На флангах, в вулканогенно-терригенных породах нижнего девона, преобладают глинисто-серицитовые изменения. На средних и глубоких горизонтах проявлены серицит-хлорит-калишпатовая (с пиритом, халькопиритом, карбонатами, иногда с ангидритом, спекуляритом) и калишпатитовая зоны (ортотлаз, микроклин, кварц) с серицитом, альбитом, ангидритом, борнитом, халькопиритом, пиритом, спекуляритом. Апикальные части брекчиевых тел обогащены турмалином. В изученном фрагменте месторождения (от поверхности до глубины 1000 м) преобладают пирит-кварц-хлорит-серицитовый (филлизитовый) и калишпатитовый парагенезисы. Они «перекрывают» минерализованные эксплозии, распространяясь за их пределы: калишпатиты – глубоко во внутреннюю безрудную часть «колокола», филлизиты во внешнюю область. Кварцевое ядро предположительно залегает на глубинах 1,5-2,0 км.

Выделяются два типа руд (в скобках средние содержания): золото-молибдено-медный (Cu 1,0-1,4 %, Au 0,55 г/т, Mo 0,01 %, Ag 2,4 г/т) и золото-полиметаллический (Au от 0,п до 7-8 г/т, Ag до 30 г/т, Pb 1,0-1,2 %, Zn 2,0 %, Cu 0,5-0,6 %). Основные запасы первого типа сконцентрированы в центральной части Тюлькулинского интрузива. Золото-полиметаллическая минерализация размещается во внешней части рудно-магматической системы в кварц-хлорит-серицитовых метасоматитах. Минеральный состав и геохимические особенности руд Нурказгана рассмотрены в [7, 12, 17, 19, 25].

Золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6-5,0 г/т и очень низкими и низкими Cu 0,1-0,6 %. Район концентрации КТМ – энсиалическая Рудно-Алтайская островодужная система (Риддер-Сокольное, Новолениногорское, Долинное, Тишинское, Зыряновское). По [11], месторождения этой группы с высокой долей Pb, Au, Ag, Ba локализуются в породах особой петрохимической специализации – в существенно калиевых базальтсодержащих риолитово-кремнисто-карбонатно-терригенных осадках ниже-среднедевонского возраста. Рудные залежи имеют пласто-, линзо-, штоко-, столбообразную, амебо- и гнездовидную формы. Гидротермальные изменения пород – окварцевание, серицитизация, баритизация, карбонатизация, хло-

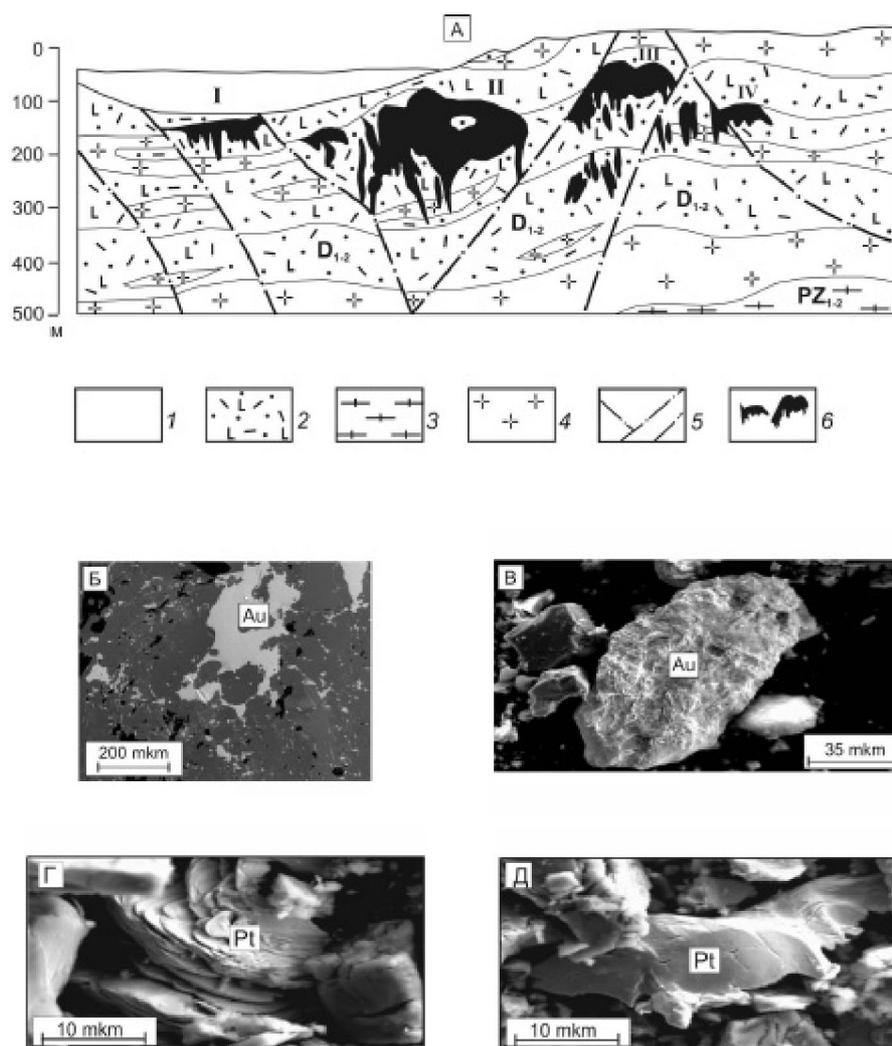


Рис. 7. Риддер-Сокольное золото-серебро-колчеданно-полиметаллическое месторождение. Геологический разрез (А) и формы нахождения благородных металлов: Б, В – самородное золото, Г, Д – самородная платина, по Х.А. Беспаеву, В.Л. Левину, З.И. Темірбулатовой и др.:

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – нерасчлененная базальт-риолитовая терригенная известково-кремнистая формация нижнего-среднего девона; 3 – эпидот-хлорит-кварцевые, эпидот-актинолит-кварцевые и карбонат-кварцевые сланцы нижнего-среднего палеозоя; 4 – субвулканические тела кварцевых альбитофиров; 5 – разломы; 6 – рудные залежи: I – Быструшинская, II – 2-ая Юго-Западная, III – Центральная, IV – залежь Белкина

ритизация, пиритизация. Параметры рудных тел: длина по простиранию и падению сотни метров и более (до 800-1200 м), мощности десятки-сотни метров. Золотоносные минеральные ассоциации: колчеданные пирит-халькопирит-сфалеритовая, галенит-сфалеритовая, барит-полиметаллическая, жильные кварц-сульфидная. Эталон мирового уровня – Риддер-Сокольное месторождение находится в Лениногорском рудном поле, на пересечении Северо-Восточной зоны смятия с разломами субширотного направления. Месторождение

сложено алевролитами, алевропелитами, вулканомиктовыми песчаниками, гравелитами, туфопесчаниками, туффитами, туфами, лавами, известняками (рис. 7). Распространены субвулканические и экструзивные тела кислого состава и взрывные брекчи. Околорудные образования – кварциты, серицитовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые и кварц-баритовые метасоматиты.

Стадии минерало- и рудообразования: дорудная гидротермально-метасоматическая и рудные

Zn-Cu-колчеданная, полиметаллическая и Ва-Pb-Zn. Минеральный состав и геохимические особенности месторождения рассмотрены в многочисленной литературе. Важно подчеркнуть особую роль благороднометалльной специализации колчеданного семейства в целом и ее месторождения-лидера Риддер-Сокольное (Au, Ag, платиноиды). Значительный вклад в изучение форм нахождения Au и его парагенетических ассоциаций на месторождении Риддер-Сокольное внесли сотрудники ИГН им. К.И. Сагпаева Х.А. Беспаяев, Г.Д. Ганженко, К.Ш. Дюсембаева, В.Л. Левин, З.И. Темирбулатова и др.

Рудноалтайский тип обеспечивает до 50-60 % ежегодной добычи золота из недр Казахстана. Золото отлагалось в течение всего рудообразующего этапа. При формировании гидротермально измененных пород оно локализовалось в ранних пирите и арсенопирите. Содержания Au в гидротермалитах 0, n – первые г/т.

В колчеданно-полиметаллических телах верхней части рудоносной колонны (Au первые г/т) развиты ассоциации: кальцит-серицит-кварц-сфалерит-галенит-золото-блеклорудная, кварц-барит-кальцит-галенит-золото-халькопиритовая, серицит-доломит-кварц-сфалерит-галенит-халькопирит-пирит-золотая.

Руды нижнего медно-цинкового уровня включают золотоносные кварц-пирит-халькопиритовую, халькопирит-сфалеритовую и галенит-сфалеритовую ассоциации (Au первые г/т, реже десятки г/т). Золото ассоциирует с халькопиритом и кварцем.

Самые поздние золото-кварц-сульфидные жилы нижнего горизонта обогащены золотом до первых десятков г/т (максимально сотни г/т). Они содержат золото-кварц-халькопиритовую, золото-кварц-полиметаллическую и золото-кварцевую ассоциации. Высокопродуктивна золото-кварц-полиметаллическая ассоциация. Индикаторы золотой минерализации жильного типа – теллуриды, сульфотеллуриды, сульфиды и сульфосоли Ag, Bi, Pb, Cu, Sb: гессит, тетрадимит, хедлейит, алексит, теллурожозеит, бурсаит, бурнонит (В.Л. Левин, П.Е. Котельников).

Золото образует следующие формы: свободную (преобладает), тонкодисперсную, сульфидную и теллуридную (петцит). Содержания Au в пирите, халькопирите, сфалерите и галените от первых г/т до 200-400 г/т. Широко распространены

субмикроскопические и тонкие выделения самородного Au в кварце и сульфидах (десятые доли-первые мкм, десятки мкм), очень редко встречаются мелкие (сотни мкм) и средние (1-2 мм) золотины. Преобладающий размер золотины в жильном кварце 7-20 мкм, морфология – пылевидная, прожилковая, крючковатая, изометричная, октаэдрическая. На рис. 7 показаны выделения самородного Au, локализованного в сульфидах (Б) и жильном кварце (В). Пробность золота от 700 до 900; преобладают значения 800-900. Главная примесь в самородном золоте – Ag (10-30 %).

Риддер-Сокольное месторождение – очень крупный объект с активными запасами серебра. Его *сереброносность* изучали многие исследователи (Б.И. Вейц, Х.А. Беспаяев, А.П. Пронин, И.В. Покровская, Г.Д. Ганженко, 1999; Ю.С. Париллов и др.). Формы нахождения и содержания Ag в различных типах руд рассмотрены в работах [1, 16].

Металлы платиновой группы в колчеданно-полиметаллических объектах Рудного Алтая известны с 30-х годов прошлого столетия. Минерализованные породы гидротермально-осадочной, серно-колчеданной, ранней медно-колчеданной, ранней полиметаллической стадий отличаются низкими содержаниями платиноидов (первые мг/т и менее). Повышенные концентрации (десятки, первые сотни мг/т) характерны для гидротермально-метасоматического этапа (ключительная полиметаллическая фаза, поздние медные и золото-кварц-сульфидные жилы и штокверки). В золото-кварц-халькопиритовых жильно-штокверковых телах Быструшинской залежи Риддер-Сокольного месторождения микронзондовым и фазовым анализами обнаружены пластинчатые и плащеобразные выделения самородной платины размером 15-40 мкм (см. рис. 7). Такие руды содержат Au до первых сотен г/т, Ag до 100 г/т, Cu 8,15 %, Zn до 1 %, Te, Se, Ge, Bi сотни г/т, Cd 40 г/т и другие элементы (Г.Д. Ганженко, Х.А. Беспаяев и др.).

Золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4-3,0 /т и средними и высокими Cu 1,5-5,0 %. Показательные колчеданные месторождения Рудного Алтая Орловское,

Николаевское, Иртышское, Малеевское, Артемьевское, существенно обогащенные Cu и Zn, локализованы в породах девонской базальт-риолитовой кремнисто-терригенной натровой субформации [11]. В эту группу также входят колчеданно-полиметаллическое месторождение Майкаин (одноименная энсиматическая островная дуга), медно-цинково-колчеданные месторождения Акбастау и Кусмурун в Чингиз-Тарбагатае, Лиманное в Мугоджарах. Зарубежный прототип – крупное медно-цинковое с Au и Ag месторождение Учалинское (Южный Урал, Россия). Месторождения подробно освещены в геологической литературе [4, 13-15]. Морфология рудных тел – линзовидные и пластообразные залежи, изометричные тела и утолщенные пластины изогнутой, «сундучной», штокообразной, седловидной, неправильной форм и др. Протяженность рудных тел сотни метров, вертикальных размах сотни метров-1,0 км и более (Орловское, Учалинское), средние мощности десятки метров, иногда первые сотни метров. Гидротермальные изменения пород – окварцевание, серицитизация, баритизация, хлоритизация, на некоторых объектах алунитизация, каолинитизация, адуляризация. Золотоносные минеральные ассоциации: пирит-халькопиритовая, пирит-халькопирит-сфалеритовая, галенит-сфалеритовая, барит-полиметаллическая. Минералы-спутники Au – пирит, халькопирит, полиметаллические сульфиды, арсенопирит, теннантит, энаргит, сульфиды и сульфосоли Ag, Sb, Bi. Средние значения элементов в КТМ [3, 13]: Орловское – Cu 4,6 %, Zn 3,94 %, Pb 1,19 %, Au 0,77 г/т, Ag 73,4 г/т; Николаевское – Cu 2,54 %, Zn 3,87 %, Pb 0,49 %, Au 0,52 г/т, Ag 44,0 г/т; Иртышское – Cu 2,1 %, Zn 5,6 %, Pb 0,85 %, Au 0,67 г/т, Ag 113,4 г/т; Малеевское – Cu 2,59 %, Zn 7,84 %, Pb 1,19 %, Au 0,58 г/т, Ag 78,4 г/т; Артемьевское – Cu 2,06 %, Zn 6,19 %, Pb 1,87 %, Au 1,31 г/т, Ag 116,0 г/т; Кусмурун – Cu 1,77 %, Zn 1,0 %, Pb 0,25 %, Au 1,4 г/т, Ag 20,0 г/т; Лиманное – Cu 1,76 %, Zn 1,2 %, Pb до 0,2 %, Au 0,8 г/т, Ag 13,2 г/т.

Золото-медно-скарновые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,5-3,0 г/т и Cu 0,5-2,0 %. Месторождения пользуются широким распространением на территории Центральной Азии. Значение КТМ этой группы в экономике различных регионов приобретает особое значение в связи с открытием и

освоением гигантского Au-Cu скарноворудного района Эртсберг в Срединной вулканической дуге Ириан Джая на о. Новая Гвинея [26].

Месторождения золото-медно-скарновой формации зарождаются и развиваются по очень близкому сценарию (А.Ф. Коробейников, Ю.Г. Щербачков, В.А. Вахрушев, Л.А. Мирошниченко, Р.Д. Джен-чураева, М.С. Рафаилович и др.). На рис. 1, в координатах содержаний Au-Cu, показаны КТМ Куру-Тегерек (Кыргызстан), Саяк IV и Хантауское (Казахстан). Остановимся на слабо освещенном в литературе Хантауском золото-медно-железорудном районе, расположенном в Южном Казахстане на территории Шу-Кендыктасского террейна. Рудный район протяженностью более 40 км и шириной 5-10 км включает крупное месторождение Au, Cu и Fe Хантауское, потенциальное скарновое месторождение Дальнее, серию проявлений и ореолов Au, Cu, Ag, Pb, Mo, Ni, Co, U и других элементов.

Объект открыт в конце 80-х годов прошлого столетия Хантауской партией Казгеофизтреста в процессе глубинного геологического картирования Шу-Сарысуйской депрессии с использованием опережающих геофизических работ (С.И. Шевчук и др.). Рудный район, перекрытый рыхлыми отложениями мощностью до 200-300 м, отмечен интенсивными градиентами поля силы тяжести и общим повышением изрезанного магнитного поля с локальными линейно вытянутыми или изометричными положительными аномалиями интенсивностью от 150-200 до 800-1000 нТл. Последние контролируют области развития гидротермальной проработки пород, оксидов железа (магнетит, гематит), сульфидной минерализации. Главная рудоконтролирующая структура – региональная Кордай-Мойынкумская шовная зона северо-западного простирания и оперяющие ее полосы смятия и линейные разрывы. Зона отмечается геофизическими аномалиями, офиолитами, тектоническим меланжем, катаклизмом, расланцеванием, пневмато-гидротермальными изменениями, протяженными до 25-30 км и широкими до 1-5 км эндогенными ореолами Au 0,01-0,1 г/т (максимально до первых г/т) и Cu 0,01-0,3 %. Ширина зоны от 0,5 км до 2-3 км, падение крутое 75-80 ° на северо-восток [21].

В геологическом строении месторождения Хантауское участвуют эффузивы ордовикского

возраста (андезиты, андезитовые и диабазовые порфириды, туффиты) и интрузивные породы O_3 кордай-шатыркольского комплекса (диориты, кварцевые диориты, монзониты, гранодиориты, плагиограниты, граниты). Рудоносная шовная зона расположена на контакте диоритов с вулканогенными породами. Рудообразование во времени тесно сопряжено со становлением гранитоидного плутона. Отложение пироксен-гранатовых скарнов сопровождалось крупнотоннажным магнетитовым и халькопирит-магнетитовым оруденением. Послескарновые процессы (пропилитизация, калишпатизация, березитизация, сульфидизация) охватывали зону смятия и ее борта, накладываясь на вулканы и гранитоиды. С гидротермально-метасоматической стадией связано отложение основной массы самородного Au, сульфидов, арсенидов, теллуридов, висмутсодержащих минералов.

Магниторазведка в Хантауском районе – прямой метод поисков золото-медно-железорудных месторождений. По результатам наземной съемки м-ба 1:10 000 (сеть 100x20 м) была выявлена группа магнитных аномалий, в т.ч. аномалия Хантауского месторождения протяженностью 5 км, шириной 0,8-1,5 км, интенсивностью от 130 до 1000 нТл. Под чехлом рыхлых отложений мощностью 200-220 м и более, в зоне смятия пород фундамента, локализованы золотоносные скарны гранат-пироксен-магнетитового состава, содержащие обильный халькопирит (до 50-60 %). Рудные тела, по геологическим и геофизическим данным, имеют протяженность до 450-2000 м, мощность 65-100 м. Главное рудное тело имеет стволую мощность золото-медного интервала 88,0 м при средних содержаниях Au 1,62 г/т и Cu 0,94 %. Стволовая мощность интервала с магнетитовой рудой равна 153,0 м, среднее содержание Fe 43,4 % (рис. 8).

Минералами-индикаторами руд хантауского типа являются магнетит, халькопирит и самородное золото. Второстепенные минералы – мельниковит-марказит, марказит, пирит, сфалерит, галенит, кобальтин, никелин, сафлорит, раммельсбергит, герсдорфит, висмутин. Редко встречаются теллуриды Au и Ag (креннерит-калаверит), ульвошпинель, ильменит, рутил, миллерит, арсенипирит, молибденит, шеелит, виттихенит, смальтин, тетрадимит, самородный Bi, самородное Ag, акантит, айкинит, аляскаит, касситерит.

Главные нерудные минералы – пироксен 10-40 %, гранат гроссуляр-андрадитового ряда 10-50 %, актинолит 5-10 %. Второстепенные и редкие – скаполит, эпидот-цоизит, роговая обманка, калишпат, мусковит, биотит, хлорит, барит, гидрослюда.

Магнетит в рудном процессе занимает «транзитное» положение (четыре морфогенетические разновидности). Количество его от первых % до 30-70 %. Халькопирит образует пять разновидностей (от 1-2 % до 50-60 %). Золото в рудах присутствует в трёх формах: примесной, самородной и в виде теллурида Au. Самородное Au – определяющая форма нахождения благородного металла. Его выделения размером первые мкм-десятки мкм, очень редко первые сотни мкм ассоциируют с халькопиритом, пиритом, марказитом, герсдорфитом, магнетитом, сфалеритом, борнитом, висмутином, хлоритом. Интерстициальные и прожилковые выделения раннего Au отмечаются в микронках дробления, развитых в пироксене, магнетите, халькопирите. Золото тесно связано с сульфидами гидротермально-метасоматического процесса – поздним халькопиритом, герсдорфитом, висмутином. Формы его кристаллические, изометричные и прожилковые. Кристаллическое Au (кубы) размером 30-40 мкм наблюдается в халькопирите. В скелетном пирите Au отмечено среди реликтов пирротина и халькопирита. Изометричные обособления Au и креннерит-калаверита размером 10-50 мкм наблюдаются в марказит-халькопиритовых агрегатах. В халькопирите по контакту с аляскаитом встречено несколько обособлений креннерит-калаверита. В борните присутствуют выделения самородного Au 10x30-50 мкм.

Геохимический спектр Хантау: Au, Cu, Fe, Ag, Ti, Co, Ni, Mn, V, Mg, Zn, Cd, As, Bi, Mo, W, Sn, Te, Ba, Sr, Sb и др. Промышленный интерес представляют (в скобках среднее и максимальное содержания): Au (1,6 и 32,9 г/т), Cu (0,94 и 4,71 %), Fe (43,4 и 65,1 %) и Ag (3,0-6,0 и 25,0 г/т). Cu, Fe и Ag имеют мономодальное распределение с наиболее часто встречающимися концентрациями Cu 0,6-2,0 %, Fe 40-60 %, Ag 1,2-10,0 г/т (см. рис. 8). Для Au характерны четыре элементарных распределения с модами, г/т: 0,1-0,5; 1,0-2,0; 3,0-4,0; 10-20. Отношение Au/Ag от 1:0,6 до 1:60, наиболее распространенные значения 1:2-1:6. Железо относительно равномерно распределено

на всю мощность скарновородного тела. Медью и золотом обогащены осевая зона и висячий бок.

Выводы и рекомендации. Крупнотоннажные месторождения золота и цветных металлов Казахстана и соседних регионов слагают три разноглубинные фации: апикальную (0,0-1,5 км), стволовую (1,5-3,0 км) и корневую (2,5-4,0 км). КТМ апикальной фации представлены вулканогенными месторождениями колчеданного семейства, стволовой фации – медно-порфиоровыми и Au-Cu-порфиоровыми месторождениями, корневой – золоторудными штокверками и золото-медными скарнами. Геолого-структурные предпосылки КТМ колчеданного ряда – анизотропный, циклично построенный вулканогенно-терригенный разрез, деформации растяжения и сдвига, вулканокупола и вулканотроги с комбинациями пликативных и разрывных структур, несколько строууровней рудолокализации (многоэтажность оруденения). Критерии месторождений порфиорового типа – дифференцированные штоки и дайки гранитоидов повышенной щелочности, взрывные брекчии, объемная рудно-метасоматическая зональность. Штокверки золота приурочены к зонам разуплотнения и высокой трещиноватости куполовидных дифференцированных гранитоидных очагов, узлам пересечения кольцевых и линейных разрывов. Для локализации золото-медных скарнов благоприятны зоны экзоконтакта геохимически специализированных гранитных плутонов с карбонатными, терригенно-карбонатными, вулканогенно-терригенными осадками.

КТМ обнаруживают тесные связи с региональными сутурами и внутриплитными шовными зонами. С зоной Главного Уральского разлома сопряжены золото-медно-порфиоровые и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения Юбилейное, Лиманное, Учалинское, с Кордайско-Мойинкумской шовной зоной – золото-медно-железородное скарновое Хантауское, золото-медное Шатырколь, золотоносное штокверковое Когадыр, с Володаровско-Васильковской зоной – гигантский штокверк золота Васильковское, с Северо-Балхашской сутурой – медно-порфиоровое месторождение Коунрад, с Рудно-Алтайской, Иртышской, Карагандинской, Майкаинской, Абралинской сутурами и зонами смятия – золотоносные колчеданно-полиметаллические и медно-цинково-колчеданные месторождения Риддер-Сокольное, Новолениногорс-

кое, Зырянское, Иртышское, Орловское, Николаевское, Нурказган, Акбастау, Кусмурун и др. Теснейшая ассоциация гигантских месторождений золота черносланцевого типа с указанным классом деформационных структур отмечена нами ранее [18, 19, 24]. Тщательное изучение геологии, металлогении и рудного потенциала сутурных и шовных зон – путь к открытию новых КТМ.

В координатах содержаний Au и Cu выделяются два вектора (ряда) пространственной упорядоченности КТМ: 1) с тенденцией нарастания средних содержаний Cu (группы I, II, VI-VIII – штокверки золота, золото-медные скарны, золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения) и 2) с относительно выдержанными концентрациями Cu и значительной изменчивостью доли Au (группы III-V – порфиоровые месторождения). Первый ряд характеризует крупнотоннажное оруденение корневой и апикальной фаций, второй ряд – КТМ стволовой фации. Снизу вверх по разрезу земной коры отмечаются: смена протипов и геохимических типов (Au, Au-Cu, Au-Cu-Mo, Au-Cu-Zn, Au-Cu-Pb-Zn, Au-Cu-Pb-Zn-Ba-Ag), изменение состава гидротермалитов (биотитизированные породы, скарны, калишпатиты, березиты, филлизиты, аргиллизиты, барит- и адулярсодержащие метасоматиты, вторичные кварциты), морфоструктурная зональность оруденения (месторождения золота – изометричные, овальные, линейные штокверки; золото-медные скарны – пласты, линзы, контактово-метасоматические тела сложной конфигурации; порфиоровые КТМ – штоки, столбы, конуса, воронки, клинья; колчеданные месторождения – линзы, утолщенные пласты, межформационные залежи, тела изогнутой, куполовидной, амебообразной, «сундучной» форм). Заслуживает пристального внимания фациальная зональность скарновых, штокверковых и порфиоровых объектов, связанных с едиными интрузивными комплексами. Ассоциации скарновых месторождений с КТМ штокверкового и порфиорового типов (примеры – Алмалыкское поле в Узбекистане, Джилаоское поле в Таджикистане, золото-медный район Эртсберг в Новой Гвинее, Саякский, Шуйско-Кедыктасский, Кокшетауский регионы Казахстана и др. [8, 10, 21, 22, 30]), необходимо изучать и оценивать как единые поликомпонентные ансамбли.

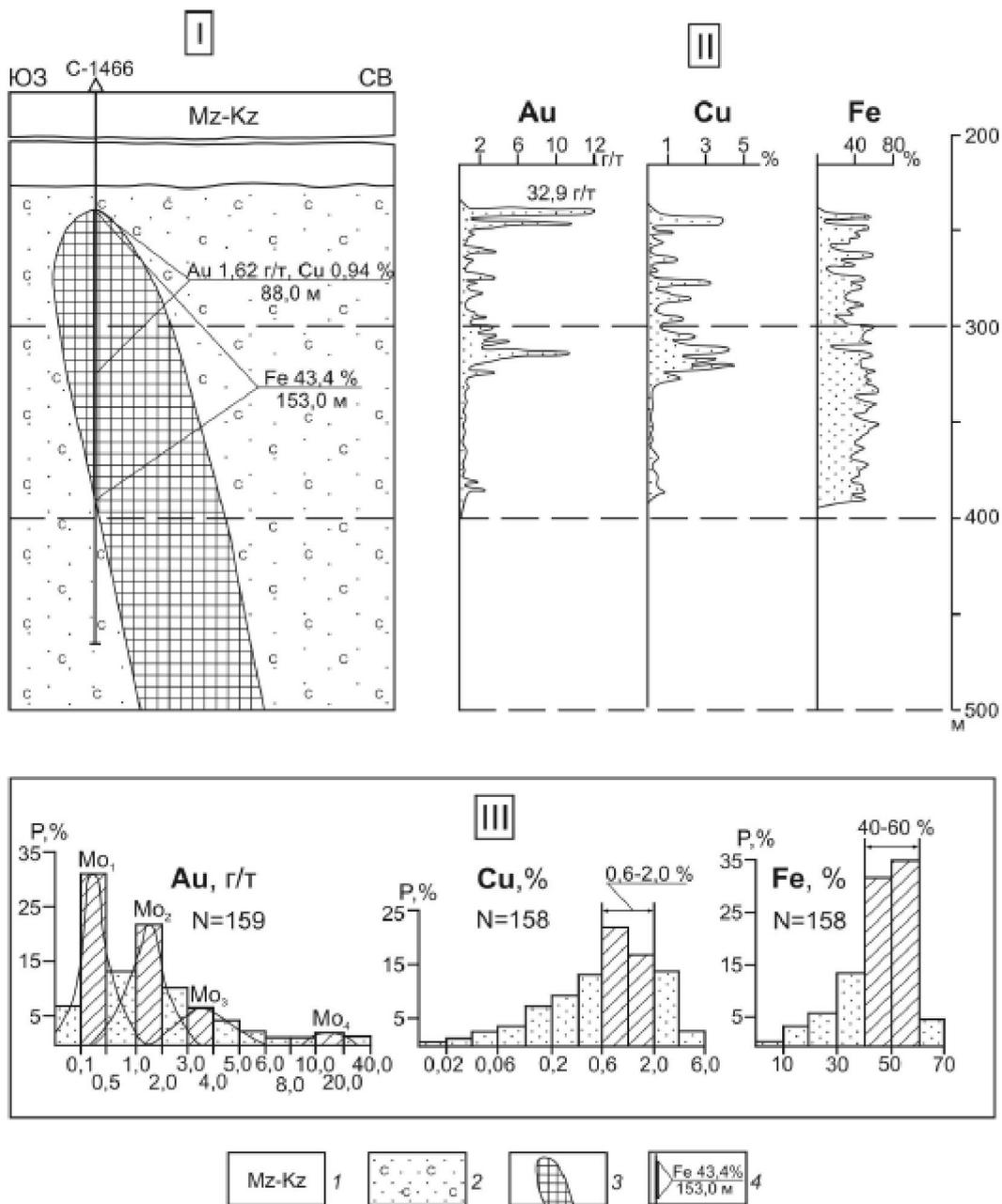


Рис. 8. Главное рудное тело Хантауского месторождения. Геологический разрез (I), распределение Au, Cu и Fe в скважине С-1466 (II), гистограммы содержаний Au, Cu и Fe (III), по С.И. Шевчуку, М.С. Рафаиловичу:

1 – мезо-кайнозойский рыхлый чехол; 2 – гранат-пироксеновые скарны; 3 – контур рудного тела; 4 – параметры оруденения: в числителе – средние содержания полезных компонентов, в знаменателе – стволовая мощность; N – количество проб

Приоритетное направление – ревизия разрабатываемых и законсервированных месторождений с их переводом в более значимую экономическую категорию с относительно бедными рудами, но с увеличенной морфологией и крупными запасами. Положительные примеры в Ка-

захстане – перевод мелкого медно-порфирового месторождения Юбилейное в Мугоджарах в одноименный крупный золоторудный штокверк, мелкого медноколчеданного месторождения Варварьинское (Таранское) в Жетыкаринском районе – в комбинированный тип с крупными запаса-

ми Au. Месторождение Васильковское в Кокшетауском регионе первоначально изучалось как мелкий жильный объект со средними и высокими содержаниями Au, позднее оно было трансформировано в гигант-штокверк мирового значения с низкими-средними содержаниями металла. Развитие этой тенденции укрепляет минерально-сырьевую базу, способствует ее воспроизводству и надежной защищенности.

Перспективы изучения и освоения КТМ колчеданного семейства Рудного Алтая освещены в материалах недавней Международной конференции [2]. Значителен потенциал Кокшетауского региона на открытия новых золоторудных штокверков васильковского типа (участки Туран, Орловское, Чаглинка, Ельтай). В Кендыктасе, в Кордай-Шатыркольском и Щербактинском районах, ожидаются дополнительные открытия скарных и штокверковых месторождений.

В классе КТМ порфиривого ряда первоочередного внимания заслуживают объекты бозшакольского, нурказганского и актогайско-коксайского типов. Руды Бозшаколя, наряду с традиционными компонентами (Cu, Mo, Au, Ag), представляют интерес как источник металлов платиновой группы (Pt, Pd, Os). Краевой девонский ВПП перспективен на открытия новых месторождений нурказганского профиля (площади Солинская, Западно-Карагандинская, Самарская, Сатпаевская, Семизбугинская, Шешенкаринская [12]). Ревизии подлежат интрузивы карамендинского и коккудуктюбинского комплексов, купольно-кольцевые вулcano-плутонические структуры, геофизические и литохимические аномалии, характерные для порфириновых систем, тела монокварцитов, серицитовых, каолинитовых и алунитовых кварцитов.

Весом ресурс глубоких горизонтов месторождений Актогай, Айдарлы и Кзылкия. Заслуживают детальной оценки перспективные порфириновые рудопоявления Восточное, Промежуточное, Западное (Актогайское поле). Утвержденные запасы руд Кокса, «привязанные» к эксплозивному телу северного эндоконтакта интрузивного массива, могут быть существенно усилены при оценке других брекчиевых трубок. По А.И. Полетаеву, перспективная, но слабо изученная Центральная трубка размером в плане 2,5x0,6 км, расположенная в южном эндоконтакте Коксайского интрузива, содержит вкрапления и прожил-

ки пирита, халькопирита, галенита, сфалерита. Концентрированное оруденение в этой трубке предположительно локализовано на глубинах 300-500 м.

Следует еще раз подчеркнуть, что КТМ в условиях современной конъюнктуры – это месторождения-лидеры, объекты высшего уровня приоритетности. Актуальность комплексного изучения и освоения крупнотоннажных месторождений очевидна. За обсуждение проблемы и помощь в сборе материалов благодарю Л.А. Мирошниченко, Х.А. Беспяева, Ю.С. Парилова, И.М. Голованова, Р. Селтманна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беспяев Х.А., Пронин А.П.* Серебро в колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая // Геохимия серебра сульфидных месторождений Центрального Казахстана и Рудного Алтая. Алма-Ата, 1975. С. 147-271.
2. Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии // Маг-лы между. конф. Усть-Каменогорск, 2010. 254 с.
3. *Ганженко Г.Д.* Техногенные минерально-сырьевые ресурсы цветных и благородных металлов Восточного Казахстана. Усть-Каменогорск, 1999. 174 с.
4. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 2. Металлогения. Алматы, 2002. 272 с.
5. *Голованов И.М., Николаева Е.И., Кажихин М.А.* Комплексная прогнозно-поисковая модель медно-порфириновой формации. Ташкент, 1988. 202 с.
6. Горная энциклопедия. Т. 3. М.: Советская энциклопедия. 1987. 592 с.
7. *Гранкин М.С., Мальченко Е.Г., Козлов А.Д.* Медно-порфириновое оруденение девонского вулканического пояса // Геология и разведка недр Казахстана. 1995. №1. С. 18-23.
8. Золоторудные месторождения СССР. Т. 2. Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М., 1986. 287 с.
9. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. Т.1а. Прогноз, поиски и моделирование рудных объектов / под редакцией В.Л. Лося. Алматы, 2008. 466 с.
10. *Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В.* Медно-порфириновые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. М., 2001. 232 с.
11. *Кривцов А.И., Ручкин Г.В., Кузнецов В.В.* Роль и место месторождений рудноалтайского типа в колчеданном семействе // Рудный Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. Усть-Каменогорск, 2010. С. 20-22.
12. *Мальченко Е.Г., Жуковский В.И., Хамзин Б.С.* Геолого-структурная позиция золото-медно-порфиринового оруденения в Центральном Казахстане // Геонауки в Казахстане. Алматы, 2004. С. 196-201.
13. Месторождения меди Казахстана. Справочник. Алматы, 1997. 154 с.

14. Металлогения Казахстана. Месторождения руд меди. Алма-Ата, 1978. 191 с.
15. Минеральные ресурсы Учалинского горно-обогатительного комбината / И.Б. Серавкин, П.И. Пирожок, В.Н. Скуратов и др. Уфа, 1994. 328 с.
16. *Парилов Ю.С.* Серебряные и серебряносодержащие месторождения Казахстана. Алматы, 2006. 388 с.
17. *Полетаев А.И., Мельникова Л.В., Потеха А.В., Тимофеева С.Н.* Некоторые особенности геологии и оруденения Самарского золото-медно-порфирового месторождения // Геология и разведка недр Казахстана. 1996. № 2. С. 12-20.
18. *Рафаилович М.С.* Золоторудные гиганты в углеродисто-терригенных отложениях Центральной и Северной Азии // Геология и охрана недр. 2008. № 2. С. 31-40.
19. *Рафаилович М.С.* Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009. 304 с.
20. *Рафаилович М.С.* Золото-медно-порфировое месторождение Нурказган в Центральном Казахстане // Отечественная геология. 2009. №3. С. 3-8.
21. *Рафаилович М.С., Шевчук С.И.* Золотоносные скарны Центральной Азии // Геология и охрана недр. 2010. №1. С. 23-34.
22. Рудные месторождения Узбекистана. Ташкент, 2001. 611 с.
23. *Серых В.И., Евдокимов И.В.* О геологической позиции меднопорфирового оруденения девонского вулкано-плутонического пояса (Центральный Казахстан) // Геология Казахстана. 2001. № 1. С. 41-58.
24. *Смирнов А.В., Рафаилович М.С., Федоренко О.А.* Геология, геодинамика и минерогения Основной сутурной зоны Казахстанского палеоконтинента // Современные проблемы геологии и развития минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан. Ташкент, 2007. С. 92-95.
25. *Солнцев С.С., Франковская Н.М., Покусаев А.В.* Геохимические модели золото-медно-молибденового месторождения Самарское и его рудного поля как основа прогноза и поисков аналогичных объектов // Геология и разведка недр Казахстана. 1996. № 2. С. 30-36.
26. *Feebrey Craig A.* Cooper and gold exploration in South-East Asia // SGA Newsletter. 1999. № 7. P. 1, 5-10.
27. Geodynamics and metallogeny of Mongolia with a special emphasis on copper and gold deposits / R. Seltmann, O. Gerel, D. Kirwin (Eds.). London, 2005. 221 pp.
28. Paleozoic geodynamics and gold deposits in the Kyrgyz Tien Shan. Excursion guidebook / R. Seltmann, R. Jenchuraeva (Eds.). London, 2001. 180 p.
29. *Seltmann R., Porter T.M.* The porphyry Cu-Au/Mo deposits of Central Eurasia: 1. Tectonic, geologic and metallogenic setting and significant deposits // Super porphyry copper and gold deposits: a global perspective. V. 2. PGC Publishing, 2005. P. 467-512.
30. Super porphyry copper and gold deposits: a global perspective. V. 2. PGC Publishing, 2005. 550 pp.