

Формационные типы медно-порфировых месторождений и их рудно-магматические системы

В семействе медно-порфировых месторождений выделены два самостоятельных рудно-формационных типа – золото-медно-порфировый и молибден-медно-порфировый. Принципиальное различие между ними заключается в их геотектонической позиции, определяющей происхождение и состав продуктивных плутоногенных формаций, а также другие особенности – состав рудоносных порфировых интрузивов, минералого-геохимические особенности руд, рисунок метасоматической и рудной зональности. Рассмотрены медно-порфировые рудно-магматические системы с комплексной металлогенией (КМПС), в которых медно-порфировые месторождения составляют главные, стержневые элементы и совмещены в пространстве с оруденением других рудно-формационных типов. Установлены отчётливые различия золото-медно-порфировых диоритовых КМПС, сформированных в структурах базальтоидных вулcano-плутонических поясов, и молибден-медно-порфировых гранодиорит-монзонитовых КМПС, принадлежащих андезитоидным поясам, по набору сопряжённых и совмещённых типов оруденения. Эти различия подтверждают обоснованность выделения двух рудно-формационных типов месторождений медно-порфирового семейства.

Ключевые слова: медно-порфировые месторождения, рудно-магматические системы, вулcano-плутонические пояса, формации.

МИГАЧЁВ ИГОРЬ ФЁДОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, советник, migatchev@tsnigri.ru

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом, metallogeny@yandex.ru

МИНИНА ОЛЬГА ВАСИЛЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, minina@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Formational types of porphyry copper deposits and their ore-magmatic systems

I. F. MIGACHEV, V. S. ZVEZDOV, O. V. MININA

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (TsNIGRI), Moscow

Two individual ore-formational types have been identified within the porphyry copper family: the gold-copper-porphyry and molybdenum-copper-porphyry ones. The fundamental difference between them lies in their geotectonic position that determines the origin and composition of fertile magmatic source, as well as other features - the composition of ore-bearing porphyry intrusions, the mineralogical and geochemical features of ores, and the pattern of metasomatic and ore zonation. In this study, we investigated porphyry copper ore-magmatic systems with complex metallogeny, or complex porphyry copper systems (CPCS), where porphyry copper deposits constitute the core elements spatially associated with mineralization of other ore-formational types. Based on a set of conjugated and combined types of ore mineralization we established the differences between diorite-related gold-copper-porphyry CPCS, formed in basaltic volcano-plutonic belts, and granodiorite-monzonite-related molybdenum-copper-porphyry CPCS, formed in andesite belts. These differences confirm the validity of the distinction of the two ore-formational types of deposits of the porphyry-copper family

Key words: copper-porphyry deposits, ore-magmatic systems, volcanic-plutonic belts, formations.

Для медно-порфировых месторождений (МПМ) в целом характерны прожилково-вкрапленный характер рудной минерализации, однотипный набор главных рудных минералов, постоянная пространственно-временная связь с телами порфировых фаз интрузивных комплексов, развитие оруденения в зонах гидротермально-изменённых пород, зональное расположение метасоматитов и руд, а также одни и те же механизмы возникновения рудовмещающих трещинных каркасов и процессов рудоотложения. Всё это позволяет рассматривать МПМ в рамках единого семейства. В то же время многие исследователи неоднократно отмечали определённые отличия в геохимических характеристиках, профиле рудоносного магматизма, рудно-метасоматической зональности, тектонической позиции и менее значимых особенностях этих месторождений, что нашло отражение в предлагаемых классификациях. Обзор таких представлений, проведённый с учётом собственных разработок, позволил А. И. Кривцову [8] выделить следующие типы МПМ по составу руд и соотношениям в них Au, Cu и Mo: собственно медно-порфировые и золото-медно-порфировые, молибден-медно-порфировые и медно-молибден-порфировые. Отмечается, что МПМ разных типов принадлежат разным геоструктурам, а рудоносные магматиты – разным сериям.

Основываясь на установленных различиях между типами МПМ с учётом проведённого авторами на принципах структурно-формационного и рудно-формационного сравнительного анализа характеристик более 100 месторождений Мира, в том числе открытых в последние десятилетия в юго-восточной Азии, можно среди месторождений медно-порфирового семейства выделить две группы: золото-медно-порфировые и молибден-медно-порфировые. При этом главная, принципиальная разница между месторождениями этих групп заключается в их геотектонической позиции, определяющей происхождение и состав рудоносных плутоногенных формаций, а также другие особенности геологического строения.

Золото-медно-порфировые месторождения принадлежат базальтоидным вулканоплутоническим поясам (ВПП), которые представляют собой элементы строения островодужных либо рифтогенных структур, возникающих на коре океанического типа. Обычно они располагаются между фронтальными прогибами и внутренними либо тыльными зонами островодужного пространства, а во внутриконтинентальных обстановках – над самими рифтами либо на их флангах (плечах). Базальтоидные пояса обладают простым строением. Они сложены продуктами мантийного базальтоидного магматизма,

завершающими развитие островодужных и рифтогенных структур. Вулканы базальт-андезитобазальтовой и плутоны габбро-диорит-кварц-диоритовой-(плагиогранитной) формаций составляют вулканоплутоническую ассоциацию (ВПА) натриевой серии, продуктивную на (золото)-медно-порфировые, золото-сульфидно-кварцевые, золото-порфировые, а также магнетитовые руды. Рудоносные порфировые интрузивы сложены диоритами, кварцевыми диоритами, реже плагиогранитами. Из наиболее известных базальтоидных ВПП можно отметить Прибрежный Филиппинско-Новогвинейской провинции, Карибский Антильской провинции, Прибрежный и Островной на Аляске, Ирландский на Южном Урале.

Молибден-медно-порфировые месторождения размещены в андезитовидных (чаще окраинно-континентальных) ВПП, формирующихся на субстрате разного состава и возраста в орогенно-активизационном режиме и завершающих развитие подвижных поясов. Слагающие их вулканогенные и плутоногенные образования обладают более разнообразным составом по сравнению с базальтоидными ВПП, но в основной своей массе принадлежат известково-щелочной и высококаалиевой сериям. От базальтоидных ВПП они отличаются более сложным строением и разнообразной металлогенной. Становление андезитовидных ВПП может рассматриваться в рамках обобщённой схемы их структурно-вещественно-металлогенической эволюции и зональности (рис. 1) [27]. В наиболее полном виде формирование таких поясов происходит в три этапа, отвечающие соответствующим структурно-формационным этапам (СФЭ) в их строении. Продукты магматизма разных этапов обычно разделены вулканогенно-терригенными толщами или молассами.

Типы месторождений каждого этапа обнаруживают тесную пространственно-временную связь с соответствующими геологическими формациями, что определяет металлогеническую зональность таких ВПП. В начальные этапы их развития возникают месторождения медно-порфирового семейства, ассоциирующиеся с (базальт)-андезит-дацит-риолит-(гранодиорит)-гранитной, андезит-латит-диорит-монцитовой, андезит-риолит-гранодиоритовой ВПА, которые представляют собой полные либо редуцированные гомодромные серии пород. С ними также связаны месторождения меди других формационных типов, железа, золота. В средние этапы в связи с (андезит)-дацит-риолит-гранодиорит-гранитной и риолит-лейкогранит-щелочногранитной ВПА образуются месторождения молибдена, вольфрама, олова, урана, золото-серебряные, серебро-полиметаллические. Поздние или завершающие этапы



Рис. 1. Принципиальная схема строения и формационно-металлогенической зональности андезитоидных ВПП. По И. Ф. Мигачёву, 2006 [27]:

геологические и рудные формации, их группы, комплексы и семейства: 1–11 – основания ВПП: 1 – базальт-андезит-дацит-риолитовая вулканогенная и базальт-риолитовая терригенно-флишоидная, 2 – углеродисто-терригенно-флишоидная, 3 – карбонатно-терригенно-флишевая, 4 – известняково-доломитовая, 5 – трахиандезит-трахириолит-кремнисто-карбонатная, 6 – медно-цинково-колчеданная и колчеданно-полиметаллическая, 7 – золото-сульфидная, 8 – магнетит-гематитовая, 9 – железо-марганцевая, 10 – свинцово-цинковая стратиформная, 11 – гранитизированные и метаморфические сиалические серии; 12–27 – нижнего этажа: 12 – вулканогенно-терригенно-карбонатная, 13 – андезитовая, 14 – габбро-диорит-гранодиоритовая, 15 – диорит-гранодиорит-гранитная, 16 – диорит-монцонит-гранодиоритовая, 17 – (серебро)-золото-полисульфидно-кварцевая, 18 – меднорудная типа «манто», 19 – полиметаллическая жильно-штокверковая, 20 – молибденово-медная жильная, 21 – молибден-медно-порфировая, 22 – медно-молибден-порфировая, 23 – молибден-порфировая, 24 – полиметалльно-оловянная, 25 – группа скарновых формаций (железо, железо-медная, молибденово-медная), 26 – свинцово-цинковая скарновая, 27 – оловоносная скарново-грейзеновая; 28–40 – среднего этажа: 28 – дацит-риолитовая, 29 – гранит-лейкогранитная-щелочногранитная-аляскитовая группа, 30 – золото-серебро-адуляр-кварцевая, 31 – молибден-урановая жильно-штокверковая, 32 – редкометалльно-оловянная, 33 – (бериллий)-вольфрам-молибденовая группа, 34 – редкометалльная (тантало-ниобиевая), 35 – кварц-полевошпатовая редкометалльная (тантало-ниобиевая), 36 – вольфрам-молибденовая скарновая, 37 – оловорудная скарновая, 38 – скарново-магнетитовая, 39 – свинцово-цинковая жильно-штокверковая, 40 – полиметалльно-медная жильно-штокверковая; 41–51 – верхнего этажа: 41 – трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовая, 42 – монцосиенит-щелочногранитная, 43 – серебро-полиметаллическая, 44 – редкометалльно-редкоземельная, 45 – сурьмяно-ртутная, 46 – флюорит-берtrandитовая, 47 – кварц-полевошпатовая редкометалльно-редкоземельная, 48 – свинцово-цинковая скарновая и жильных зон, 49 – золото-кварцевая, 50 – железорудная скарновая и жильных зон, 51 – полиметалльно-медная жильно-штокверковая; прочие обозначения: сплошные и пунктирные стрелки – установленные и возможные (допускаемые) пространственно-временные связи плутогенных и рудных формаций, а также установленные и возможные случаи преобразования рудных формаций; сводообразные линии в контурах плутогенных формаций – установленные и возможные верхние (апикальные) уровни формирования интрузивных колонн; римские цифры – основные типы субстрата ВПП: I – фемический, II – сиалофемический, III – сиалический (метаморфизованный и гранитизированный, эпикратонный)

характеризуются формированием редкометалльно-редкоземельного оруденения, флюорита, сурьмы и ртути, которые ассоциируют со щелочными магматическими сериями пород. Состав руд молибден-медно-порфировых месторождений и рудоносных интрузивов в значительной степени определяется составом основания ВПП. При этом сиалический субстрат (эпикратонный, по А. И. Кривцову [9]) характеризуется скоплением гранитофильных рудных элементов, сиалофемический – присутствием месторождений стратиформных полиметаллических, золотых и железных руд, фемический – колчеданных, железорудных и марганцевых залежей.

В представленной схеме строения и формационно-металлогенетической зональности андезитоидных ВПП (см. рис. 1) отражены установленные и возможные (допускаемые) пространственно-временные связи рудных и геологических формаций, а также случаи преобразования рассеянной и концентрированной (в месторождениях) минерализации поздними магматическими и рудогенными процессами. Формационно-металлогенетическая зональность имеет как латеральное, так и вертикальное выражение и отвечает разновременному ряду геологических и рудных формаций – от слагающих субстрат поясов до формирующихся на поздних этапах их развития.

Среди андезитоидных ВПП устанавливаются пояса с полным и редуцированным или неполным циклом развития. Первые проходят все три этапа формирования, состоят из образований трёх структурно-формационных этажей и могут вмещать наиболее полный набор рудных объектов. В поясах неполного развития отсутствуют комплексы среднего или верхнего этажей, что определяет специфику их металлогенетических рядов.

Достаточно сходные последовательности формирования структурно-вещественных и металлогенетических рядов андезитоидных ВПП могут быть вызваны близкими и однотипными механизмами и способами генерации магматических образований. Представляется, что сумме геофизических, петрохимических, геохимических и изотопных данных наиболее полно отвечает модель петрогенезиса андезитоидных магм, выдвинутая Р. Торпом, П. Поттсом и П. Френсисом с учётом схемы А. Рингвуда и основанная на изучении андезитоидного магматизма Анд. Согласно этим авторам, андезитовые магмы представляют собой результат сложного взаимодействия процессов парциального плавления, фракционной кристаллизации и контаминации на мантийных уровнях, а также двух последних процессов – в коре.

В настоящее время не вызывает сомнения генерация риолитовых магм в результате анатексиса верх-

них частей сиалической коры. Можно полагать, что для ВПП существует причинная обусловленность продуцирования этих магм андезитоидными колоннами, выступающими в качестве источников тепла и потока петрогенных (и рудных) компонентов для анатектического магмообразования. Возможно, одним из условий возникновения риолитовых магм в структуре ВПП является достаточная мощность их сиалического основания. С этой позиции становится понятным отсутствие кислых магматитов средних этапов развития в некоторых ВПП Андийского подвижного пояса, Курьинском ВПП Чукотки, формирующихся на островодужном субстрате. Породы щелочных непрерывных и контрастных серий третьего этапа развития андезитоидных ВПП, согласно их изотопным, геохимическим и петрохимическим характеристикам, обязаны своим возникновением процессам на нижнекоровых или мантийных уровнях.

Таким образом, в качестве причины возникновения структурно-вещественной и металлогенетической зональности андезитоидных ВПП может рассматриваться сложнопостроенная диапироподобная, валлообразная магматическая колонна, эволюция которой происходит в рифтоподобных линейных зонах растяжения и выражается в смене мантийных источников магм и рудной минерализации – коромантийными, затем коровыми и вновь глубиннокоровыми или мантийными. Конечные продукты такой эволюции представлены образованиями соответствующих СФЭ поясов.

Очевидно, что геотектоническая позиция МПМ, состав и происхождение рудоносных магматических ассоциаций в значительной степени определяют и другие особенности строения месторождений, относящихся к двум выделенным группам. Наиболее заметны отличия в составе рудоносных порфировых интрузивов, минерально-геохимическом составе руд и рисунке метасоматической зональности [11, 12].

В золото-медно-порфировых месторождениях интрузивные тела, представляющие собой стержневые элементы МПМ, представлены порфировыми диоритами и кварцевыми диоритами (80% выборки из 50 месторождений), реже плагиогранитами (20%). В молибден-медно-порфировых объектах в качестве рудоносных тел выступают преимущественно гранодиорит-порфиры (68% выборки из 128 месторождений), в меньшей степени – породы монцитонидного ряда (28%).

Рудная минерализация в золото-медно-порфировых месторождениях отличается от молибден-медно-порфировых повышенным содержанием Au (0,5–1,5 г/т) и отсутствием либо незначительной концентрацией Mo (тысячные доли %). В то же время в рудах

последних Mo и Re содержатся в количествах, достаточных для попутного извлечения.

Заметно отличается и рисунок метасоматической зональности этих двух типов МПМ. К молибден-медно-порфировым месторождениям применима генерализованная схема метасоматической зональности типовой модели Дж. Лоуэлла и Дж. Джильберта [25], согласно которой внутренняя калишпат-кварц-биотит-серицитовая зона обрамляется филлизитовой, сменяющейся аргиллизитовой. Для внешней пропилитовой зоны характерна ассоциация карбонат-хлорит-эпидот с пиритом. Применительно к золото-медно-порфировым объектам В. Холлистером [24] сформирована «диоритовая» модель метасоматической зональности, для которой характерен сравнительно простой рисунок, в котором внутренние зоны кварц-серицитового состава обрамляются аргиллизитовыми, граничащими с широким ореолом пропилитизации. Иногда между кварц-серицитовой и пропилитовыми зонами отмечается зона биотитизации.

Проведённое ранее обобщение данных по минеральному составу руд более чем 60 отечественных и зарубежных МПМ [11] с привлечением материала ещё по нескольким десяткам объектов позволяет выделить в составе первичных руд следующие типы:

- магнетит-пиритовый, который в золото-медно-порфировых месторождениях обычно развит во всём объёме рудных тел, в то время как в молибден-медно-порфировых – локально в виде тонкой вкрапленности;
- молибденитовый слагает значительные части рудных тел в молибден-медно-порфировых объектах, а в золото-медно-порфировых практически отсутствует;
- халькопирит-борнитовый и халькопирит-пиритовый типы широко развиты на молибден-медно-порфировых месторождениях, являясь для них определяющими, в то время как на золото-медно-порфировых объектах встречаются реже;
- полисульфидный часто проявлен в молибден-медно-порфировых месторождениях, иногда в значительных объёмах, а на золото-медно-порфировых развит незначительно.

Таким образом, даже достаточно краткое перечисление различий между МПМ двух выделенных групп, в том числе принципиальных, таких как геотектоническая позиция, пространственно-временные и генетические связи с разными по составу и происхождению магматическими ассоциациями, позволяет, исходя из понятия о рудных формациях [9, 17], достаточно обоснованно рассматривать месторождения этих групп в качестве самостоятельных рудно-формационных типов – золото-медно-порфирового и молибден-медно-порфирового (см. таблицу). В по-

следних колебания отношения Cu/Mo и содержания Au в рудах зависят от состава фундамента ВПП [8, 12].

Медно-порфировые месторождения представляют собой рудно-магматические медно-порфировые системы (МПС), понятие о которых было введено Р. Силлитой. Помимо рудной минерализации, они включают рудоносные интрузивы основных и порфировых фаз, брекчиевые тела, элементы рудно-метасоматической зональности, геохимические ореолы и породы рамы. В то же время многочисленные случаи совмещения МПМ с другими типами оруденения послужили основой для формирования синтетических моделей медно-порфировых рудно-магматических систем, из которых наиболее известна модель Р. Силлитой (рис. 2) [29]. В структуре модели показаны связи медно-порфировых месторождений с многофазными порфировыми штоками и проявлениями различного оруденения во вмещающих породах: проксимальными и дистальными скарнами, трубообразными телами типа манто, эпитермальными месторождениями высокой (HS) и средней (IS) сульфидизации в зонах смешивания магматических растворов и вадозных вод. Подчёркивается, что в конкретных МПС обычно присутствуют только некоторые из этих месторождений.

В целом МПМ или МПС, представляющие собой главные стержневые элементы более крупных рудно-магматических систем, вместе с сопровождающими их разнообразными рудными проявлениями целесообразно рассматривать в рамках единых достаточно крупных комплексных медно-порфировых рудно-магматических систем (КМПС), в прикладном выражении отвечающих комплексным рудным районам или узлам. В таком понимании термин КМПС приближается к определениям магматогенно-рудных систем Г. Власова, узлам длительной эндогенной активности М. Фаворской и Н. Томсона, рудным кластерам П. Биллингслея и А. Локка, комплексным рудным узлам [27].

Большая часть телескопированных унифицированных моделей КМПС создавалась применительно к рудно-магматическим системам единого медно-порфирового семейства, без учёта различий между их стержневыми элементами – месторождениями разных рудно-формационных типов. С учётом ассоциации золото-медно-порфировых месторождений с диорит-порфиритами, а молибден-медно-порфировых – с гранодиорит- и монцонит-порфирами, с определённой долей условности можно разделить КМПС на золото-медно-порфировые диоритовые и молибден-медно-порфировые гранодиорит-монцонитовые. Принципиальные различия между этими КМПС отражаются и на наборе рудно-формационных типов

1. Рудно-формационные типы месторождений медно-порфирового семейства. С использованием данных [12]

Характеристики	Золото-медно-порфировый	Молибден-медно-порфировый
Геотектоническая позиция	Базальтоидные вулканоплутонические пояса – барьерные зоны островодужных структур, рифты	Андезитовидные вулканоплутонические пояса: орогенно-активизационные краевые периокеанические и внутриконтинентальные
Рудоносные интрузивные формации	Габбро-диорит-кварцдиоритовая (плаггиогранитная), натриевая	Габбро-диорит-гранодиоритовая калиево-натриевая; диорит-гранодиорит-монцонитовая натриево-калиевая
Рудоносные порфиновые фазы	Диоритовые, кварцевые диоритовые порфиры, плаггиогранит-порфиры	Гранодиорит-порфиры, кварцевые монцонит-порфиры
Значение индекса $S/I = Al_2O_3 : (Na_2O + K_2O + CaO)$, по Дж. Гриффитсу и К. Гудвину	0,6–0,9	0,7–1,1
Геохимические характеристики, по С. Титли и Р. Бину, Sr^{87}/Sr^{86}	0,705	0,703–0,710
Основные рудообразующие (второстепенные типичные) минералы	Пирит, халькопирит, магнетит, гематит, борнит (пирротин)	Пирит, халькопирит, молибденит, борнит (магнетит, галенит, сфалерит)
Геохимические особенности руд: отношение Cu/Mo в первичных рудах, отношение Cu/Au, содержание Re в молибдените	250:1 и более, 9000:1–75 000:1, 600–1500 (до 1800)	15–30:1, 15 000:1–200 000:1, 50–1000 (до 1600)
Состав метасоматических изменений и их зональность (от центра к периферии): К – калишпатизация, Б – биотитизация, Ф – филлизитизация, А – аргиллизация, П – пропилизитизация	С-Б-П, Ф-А-П, Б-П	К-Б (+Б)-Ф-А-П, Б-Ф-А-П, Ф-А-П

сопряжённого и совмещённого (возможного) оруденения. Сопряжённые типы формируются близодновремененно с МПМ в единых рудно-магматических системах, в то время как возможные типы могут закономерно присутствовать в составе КМПС в результате совмещения в их пространстве ранних (в породах рамы и комплексе основания ВПП) или более поздних продуктов рудогенеза.

Среди сопряжённых типов оруденения в КМПС ведущую роль играют золоторудные месторождения разной рудно-формационной принадлежности. Мировая практика геологоразведочных работ последних десятилетий свидетельствует о наиболее частой сопряжённости медно-порфиновых месторождений с локализованными в комагматичных вулканитах эпитермальными золоторудными и золото-серебряными с образованием КМПС, называемых «порфирово-эпитермальными». Среди них – эпитермальные золото-медные жильные и стратоидные месторожде-

ния NS типа и золото-серебряные преимущественно жильные IS типа. Тесная пространственно-временная связь этих месторождений с медно-порфировыми, по мнению Д. Кука, П. Холлингса, Г. Корбе, Т. Лича, Р. Силитоу, Дж. Уолша, Дж. Хеденквиста, М. Эйнауи и др., обусловлена тем, что источником рудного вещества для тех и других служат единые магматические очаги, продуцирующие рудоносные интрузивные и вулканогенные формации, а особенности рудно-формационной зональности «порфирово-эпитермальными» КМПС обусловлены прежде всего термодинамическими и физико-химическими условиями газоотделения в «материнских» плутонах (промежуточных магматических очагах) и их апофизах (порфиновых штоках), а также составом вмещающих пород [3].

В КМПС островодужных базальтоидных и андезитовидных периокеанических ВПП эпитермальные месторождения золота и серебра, как правило,

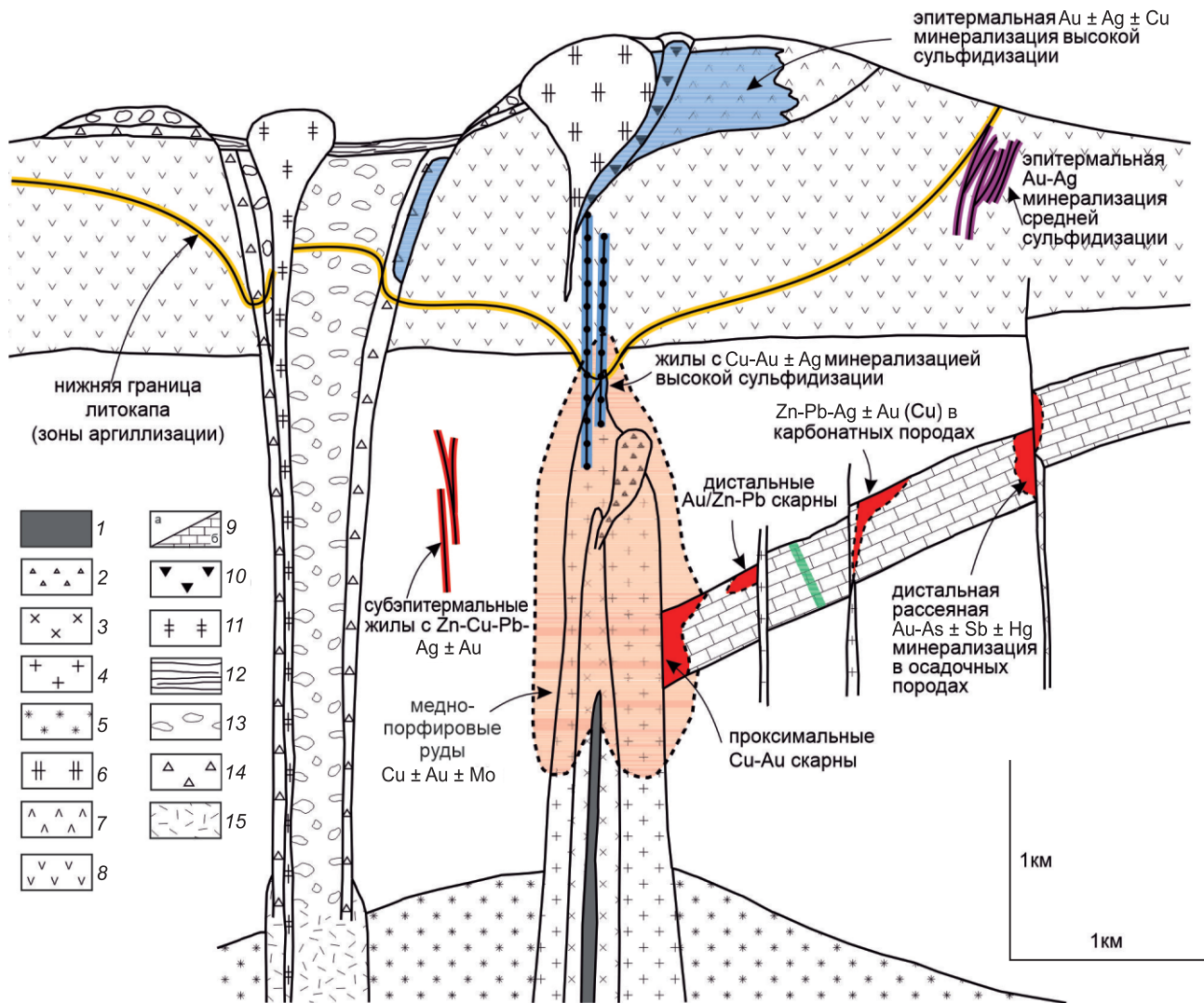


Рис. 2. Модель телескопированных медно-порфировых систем. По R. Sillitoe [29]:

1–4 – порфировый шток: 1 – поздние порфиры, 2 – промежуточные гидротермально-магматические брекчи, 3 – промежуточные порфиры, 4 – ранние порфиры; 5 – равномернозернистые интрузивные породы; 6–9 – вмещающие породы: 6 – дацитовый купол, 7 – фельзитовые туфы, 8 – андезиты, 9 – породы основания (а) с карбонатным горизонтом (б); 10–15 – перекрывающие комплексы – кратерный и диатремный: 10 – фреативные брекчи, 11 – некк-купол дацит-порфиров, 12 – озёрные осадки, 13–14 – фреато-магматические брекчи: 13 – поздние, 14 – ранние, 15 – пострудные порфиры

локализованы в верхних периферийных, а не в осевых (над порфировыми штоками) частях этих систем. Такие пространственные соотношения благороднометалльного и медно-порфирового оруденения наблюдаются в Алмалыкской (Узбекистан), Лепанто (Филиппины), Уафу-Голпу (Новая Гвинея), Андаколло, Рефуджио (Чили), Янакоча (Перу), Речк (Венгрия) и многих других КМПС. Большинству изученных авторами КМПС северо-восточных ВПП России

(Егдэкгычской, Бургачанской, Ольховкинской, Ольдянской, Уктурской и др.) также свойственна латеральная рудно-формационная зональность [6].

В верхних частях КМПС типа «интрузив под вулканом» локализованы эпитеpмальные Au-Ag, Au-Te и золото-полисульфидные объекты типа низкой сульфидизации (LS), составляющие до 60% мировых запасов Au. Примерами служат месторождения Лихир, Ладолам, Поргера в Папуа–Новая Гвинея; Слиппер,

Буллфрэг, Крипл Крик, Раунд Моунтин в США; Белая Гора, Покровское, Буриндинское, Прогнозное и другие в России. В глубинных частях некоторых из них (Многовершинное, Нявленга, Джульетта, Кумроч) известны незначительные проявления медно-порфировой минерализации, в том числе совмещённые с золото-серебряными рудами [6].

В то же время практически все гигантские и супергигантские золото-медно-порфиновые месторождения ВПП Тихоокеанского кольца (Грасберг, Голпу в Индонезии; Фрида Ривер, Ок Теди в Папуа-Новая Гвинея) при повышенных содержаниях золота в собственно медно-порфиновых рудах, вблизи поверхности увенчаны мощными безрудными аргиллизитовыми «шляпами». Отмеченные особенности строения КМПС обусловлены геодинамическими обстановками возникновения магматических очагов («материнских» плутонов), а также структурно-петрофизическими и геохимическими условиями их разгрузки (рудоотложения) [3, 4].

В структурах КМПС медно-порфиновые месторождения нередко сопряжены с мезотермальными золото-полисульфидными, золото-кварцевыми, золото-порфировыми, а также жильными полиметаллическими объектами, локализованными во фланговых зонах в плутонах основных фаз рудоносных формаций либо в вулканитах. Присутствие в породах рамы рудоносных интрузивов реакционно-способных карбонатных пород (известняков, доломитов, мергелей) предопределяет проявление в структуре КМПС проксимальных золотоносных (медно)-магнетитовых, золото-медных и дистальных свинцово-цинковых скарновых и скарнированных залежей. Они отмечаются во многих МПС (Алмалыкская, Ауэрбаховская, Бингхэм, Грасберг, Ок Теди, Кэдя Хилл и др.), отличаясь повышенным содержанием металлов, включая Au.

Целесообразно рассмотреть архитектуру конкретных КМПС базальтоидных и андезитоидных поясов с целью проиллюстрировать принципиальные различия между ними, подтверждающие обоснованность выделения двух типов таких систем.

Базальтоидные ВПП. Для *золото-медно-порфиновых диоритовых КМПС* характерно присутствие мезо- и эпitherмальных золоторудных (серебро-золоторудных, золото-теллурических), а также медных и медно-магнетитовых вулканогенных и скарновых месторождений и проявлений. Золоторудные (с серебром) месторождения возникают в заключительные этапы формирования МПС и обычно располагаются на их периферии, но в отдельных случаях – в центральных частях, накладываясь на медно-порфиновые руды. Подобные соотношения характерны для многих рудных узлов Явы и Сумбава (Индонезия), возникших в широком возрастном диапазоне – от палеоцена до плейстоцена.

зия), возникших в широком возрастном диапазоне – от палеоцена до плейстоцена.

Крупная золото-медно-порфировая диоритовая КМПС, включающая медно-порфировые месторождения *BatuHijau, Tumpangpitu, Elamg* (о. Ява), расположена в восточном сегменте магматической дуги Sunda [26], по-видимому, представляющей собой островную дугу поздней стадии развития островодужной системы. Основная фаза рудоносного комплекса представлена крупным диоритовым массивом (5,81–5,18 млн лет). Медно-порфировые месторождения, формировавшиеся в плиоцене-плейстоцене (5,0–2,5 млн лет), ассоциируют с небольшими штоками и дайками тоналит-диорит-порфиритов нескольких фаз внедрения (4,89–2,7 млн лет) (рис. 3). В их структуре выделяются дорудные и пострудные тела брекчий; развиты биотит-магнетит-актинолитовая, хлорит-серицит-гематитовая и аргиллизитовая метасоматические зоны.

В состав КМПС, помимо медно-порфирических, входят эпitherмальные серебро-золото-теллурические и кварц-энаргит-теннантит-тетраэдритовые преимущественно жильные проявления разной сульфидизации, в которых золото, как правило, представлено теллуридами и электрумом. Золотоносные жилы и зоны формируются в заключительные этапы развития КМПС (2,4–1,5 млн лет) в её периферических, а также центральных частях, пересекая медно-порфирические руды и пострудные брекчии. На периферии КМПС известны также золотосодержащие магнетитовые скарны, сопряжённые во времени с медно-порфирическим оруденением.

В *рудном районе Багио (Baguio)* на острове Лусон (Филиппины) выявлено несколько золото-медно-порфирических месторождений, формировавшихся в диапазоне 3,0–0,51 млн лет, а также золото-серебряное оруденение, которое образует самостоятельные месторождения на флангах рудного района.

Золото-медно-порфирическая диоритовая КМПС Багио расположена в Центральной Кордильере острова Лусон (Филиппины), в позднемиоцен-плиоцен-плейстоценовом базальтоидном ВПП [30]. На флангах пояса распространены вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования эоцена–олигоцена–нижнего миоцена – базальты, андезибазальты, песчаники, алевролиты, рифогенные известняки. Они вмещают крупный интрузив центрально-кордильерского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса (12–13 млн лет) на восточной границе КМПС. В вулканогенном разрезе продуктивной ВПА выделяются андезибазальтовая и андезитовая толщи, отличающиеся присутствием граувакк и горизонтов известняков. Интрузивные и субвулканические образования представлены штоками диорит-порфиритов, дайками андезитов и дацитов (рис. 4).

КМПС включает золото-медно-порфировые, эпitherмальные золото-серебряные, серебро-золото-полисульфидные и скарновые золото-сульфидно-магнетитовые месторождения и проявления, которые в западной части района (Black Mountain и Mexico) датируются интервалами 3,09 и 2,81 млн лет, в южной (Santo Tomas II) – 1,5 млн лет, а в восточной (Hatzwee и Ampuca) – 1,09 и 0,51 млн лет. Всё это указывает на длительное функционирование КМПС. Золото-медно-порфировые руды локализованы в верхних и апикальных частях рудоносных штоков диоритовых и андезитовых порфиритов, а также в вулканитах вмещающей андезибазальтовой толщи. Для них характерны внутренние зоны биотитизации и мощные пропилитовые ореолы. Кварц-карбонат-полисульфидные жилы с Au и Ag со временем об-

разования 0,65 млн лет (Asuran) пересекают медно-порфировые руды и брекчиевые трубки. Золото-сульфидосодержащие тела скарнов магнетит-хлорит-кальцит-гранат-цоизит-кварцевого состава приурочены к прослоям известняков и тяготеют к их контактам с андезитовыми порфиритами. Крутопадающие жилы с эпitherмальной золото-серебряной минерализацией сопровождают диатрему Valatos, которая вместе с вулканитами дацитового состава завершает становление пояса.

КМПС Mankayan в северной части о. Лусон содержит несколько крупных рудных скоплений на площади около 25 км² [23]: золото-медно-порфировые месторождения Far Southeast (FSE), Guinaoyang и проявления Buaki и Palidan, а также эпitherмальные месторождения – стратоидное золото-медное

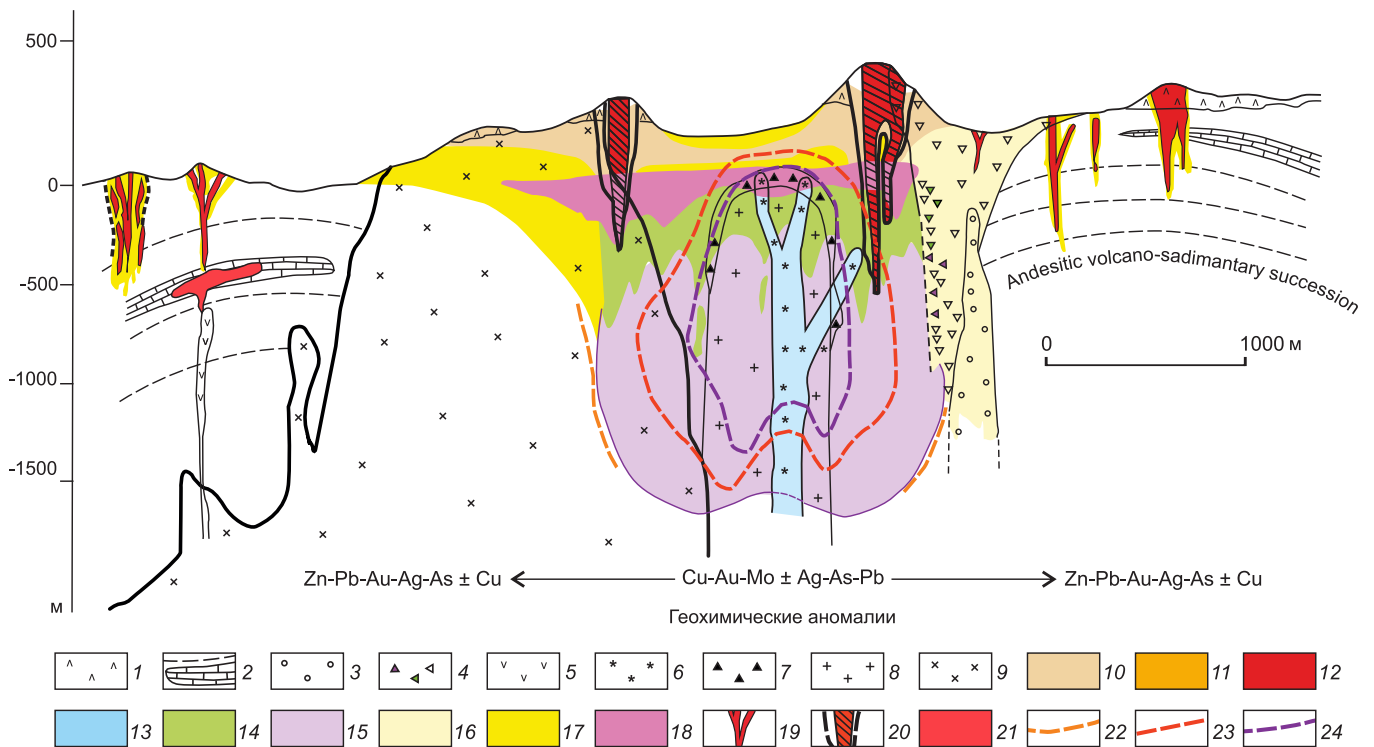


Рис. 3. Принципиальная модель золото-медно-порфировых и золото-серебряных месторождений восточной части дуги Sunda (запад о. Ява, Индонезия) [26]:

1–2 – породы интрузивной рамы: 1 – туфы дацитов, 2 – лавы андезитов с линзами известняков; 3–9 – интрузивные образования: 3 – поздние дацитовые дайки и купола, 4 – диатремовые брекчии, 5 – андезит-диоритовые дайки, 6 – поздние тоналит-порфиры, 7 – интрузивные брекчии, 8 – промежуточные тоналит-порфиры, 9 – диоритовые штоки; 10–14 – метасоматиты: 10–11 – аргиллизитовые: 10 – диккит-каолинитовые, 11 – кварц-диккит-каолинит-пирофиллитовые, 12 – кварц-алунитовые, 13 – хлорит-серицит-гематитовые, 14 – биотит-магнетит-актинолитовые; 15–17 – метасоматические изменения пород: 15 – слабая биотитизация, 16 – аргиллизация (серицит, иллит, смектит), 17 – слабая аргиллизация; 18–24 – руды: 18 – продукты гипергенного обогащения, 19 – эпitherмальные серебро-золото-теллуридные IS типа, 20 – кварц-энаргит-теннантит-тетраэдритовые типа HS, 21 – золотосодержащие скарновые магнетитовые, 22–24 – золото-медно-порфировые: 22 – халькопирит-пиритовые, 23 – преимущественно халькопиритовые, 24 – халькопирит-борнитовые

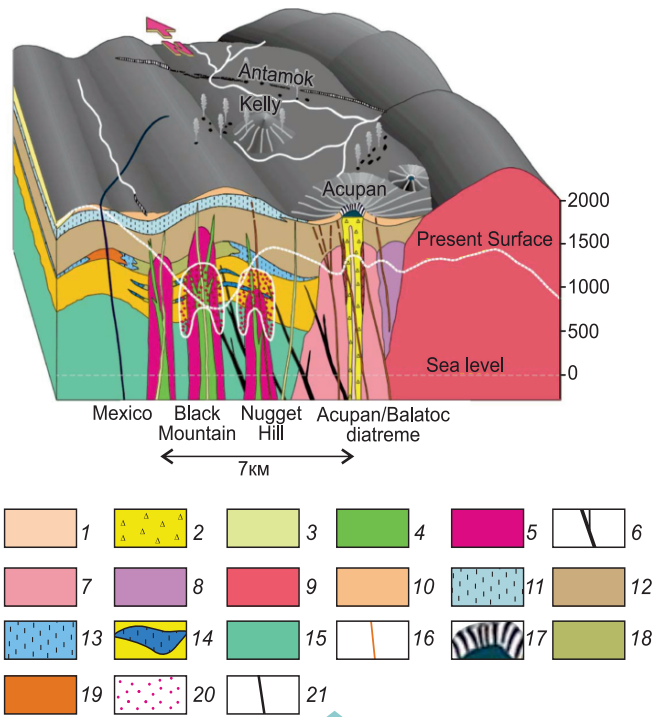


Рис. 4. Принципиальная модель формирования золото-медно-порфирового, эпитермального золото-серебряного и скарнового золото-сульфидно-магнетитового оруденения в районе Багио, о. Лусон (Филиппины) [30]:

1–9 – интрузивные и субвулканические породы: 1 – дациты, 2 – диатрема Balatoc, 3 – дайки андезитов, 4–5 – рудоносные штоки: 4 – андезитовые порфиристы, 5 – роговообманковые диоритовые порфиристы, 6 – дайки диабазов, 7 – гранодиориты Viras, 8 – габбро Lucbuban, 9 – диоритовый комплекс Центральной Кордильеры; 10–15 – стратифицированные отложения ВПП: 10 – туфы андезитов, песчаники, сланцы, 11 – верхний горизонт известняков, 12 – андезиты, граувакки, 13 – средний горизонт известняков, 14 – андезибазальтовые граувакки, песчаники, сланцы с нижними горизонтами известняков, 15 – базальты и андезиты метаморфизованные; 16–20 – типы оруденения: 16 – эпитермальное жильное золото-серебряное и кварц-карбонат-полисульфидное с Au и Ag, 17 – минерализованные брекчии, 18 – скарны магнетит-хлорит-кальцит-гранат-цоизит-кварцевого состава, 19 – золото-сульфидсодержащее в скарнах, 20 – золото-медно-порфировое; 21 – разломы

Лепанто и жильные золото-серебряные Виктория и Тереза, сформировавшиеся в интервале 2–3 млн лет назад. Во внутренней части КМПС находится шток кварцевых диоритов с золото-медно-порфировыми рудами месторождения FSE. В её фланговой зоне гипсометрически выше располагается месторождение Лепанто типа HS, которое представлено серией горизонтально залегающих пластообразных тел общей протяжённостью около 4 км, сложенных люцит-энаргитовыми рудами в кварц-алунитовых метасоматитах. Оба месторождения имеют общий воз-

раст кварц-алунитовых и калиевых метасоматитов (1,4 млн лет). Во фланговой зоне МПС ниже и выше золото-медных залежей располагаются штокверки и жилы эпитермальных золото-серебряных руд.

КМПС Фрида-Ривер–Нена (Папуа–Новая Гвинея) во внутренней зоне содержит крупное медно-порфировое месторождение Фрида-Ривер, а на фланге – месторождение Нена с запасами энаргит-люцитонитовых руд 60 млн т при содержании Cu 2,0 %, Au 6,0 г/т. Стратоидные руды этого месторождения, относимые к типу HS, развиты в зоне окварцевания вулканитов с выходом в кварцево-алунитовую зону. Вертикальный размах оруденения превышает 400 м, при этом люцитонитовые и ковеллин-энаргитовые руды верхних горизонтов с глубиной сменяются энаргит-люцитонитовыми [10].

Сочетание таких же типов руд наблюдается в Кедабекском рудном районе среднеюрского ВПП Малого Кавказа. Карадагское и Хар-Харское медно-порфировые месторождения, приуроченные к эндо-экзоконтактной зоне габбро-диорит-плаггиогранитного интрузива, соседствуют с Битти-Булагским энаргит-люцитонитовым Au- и Ag-содержащим месторождением, локализованным в кальдере проседания, выполненной вулканитами комагматичной андезибазальт-андезитовой формации.

На Урале, в структурах Ирендыкского, Новоалексеевского, Гумбейского, палеозойских базальтоидных ВПП выделяется ряд золото-медно-порфировых диоритовых КМПС, в которых проявлена ассоциация медно-порфирового, золото-сульфидно-кварцевого и золото-порфирового оруденения.

К их числу относится Вознесенская КМПС в крайнем выступе фундамента Ирендыкского ВПП, где в массиве диоритов салаватского комплекса локализовано Вознесенское (молибден)-медно-порфировое месторождение. В контурах вмещающего его магматогенного поднятия размещены небольшие золоторудные месторождения Камышканское, Большой и Малый Каран, локализованные в вулканокластических отложениях нижней части разреза вулканитов базальт-андезибазальтовой формации, комагматичной плутонам рудоносного комплекса. Золоторудные тела представляют собой залежи альбит-слюдяных и альбит-хлоритовых сланцев с вкрапленностью золотоносного пирита и халькопирита по туфогенно-осадочным породам и залегают с ними согласно. В Северо-Миасской металлогенической зоне, включающей Вознесенский рудный узел, с массивами диоритов салаватского комплекса ассоциируют месторождения золото-порфирового типа (Тыелгинское, Наилинское и др.), представленные золото-сульфидно-кварцевыми штокверками в эндо- и экзо-контактах интрузивов.

В обстановках, где в породах рамы рудоносного интрузива в том или ином объёме присутствуют карбонатные породы, в структуре золото-медно-порфировых КМПС возможно появление золотосодержащих (медно)-магнетитовых и медных скарновых залежей, сопряжённых с медно-порфировыми в рамках становления рудоносной плутогенной формации. Это особенно характерно для золото-медно-порфировых объектов островодужных поясов юго-востока Азии, где содержания Au в рудах иногда достигают аномально высоких значений, причём существенная часть его запасов сосредоточена именно в скарновых залежах, локализованных в экзоконтактах рудоносных интрузивов.

Наиболее ярким примером золото-медных скарнов является крупное *месторождение Ок Теди* с 5 млн т запасов меди (ср. сод. 0,76 %) и 490 т золота (ср. сод. 1,1 г/т). Золотосодержащие магнетит-сульфидные скарновые руды, вмещающие основные запасы меди и золота, развиты в известняках на фланге рудоносного штока кварцевых монцонит-порфиров с медно-порфировыми рудами, в которых главные пирит и халькопирит ассоциируют с пирротинном и магнетитом.

Показателен также рудный район *Ertsberg* (Эртсберг, Индонезия) с несколькими медно-золоторудными месторождениями, включая *Grasberg* – одно из крупнейших золото-медно-порфировых месторождений Мира. Плиоценовые рудоносные интрузивы от диоритового до кварц-монцонитового состава, образованные продуктами нескольких продуктивных стадий внедрения, размещены в меловых и третичных обломочных и карбонатных породах. Кроме основных медно-порфировых, здесь находится несколько медно-скарновых месторождений – *Ertsberg* и его восточная скарновая зона, *Big Gossan*, *Kucing Liar* и *DOM*, которые расположены вокруг интрузивов *Ertsberg* и *Grasberg*, а также вдоль основных разломов вблизи них. Основной объём золото-медно-скарновых руд связан с ранней интрузивной стадией *Dalam*, представленной диоритами [28].

Сопряжённость в пространстве медно-порфирового, скарнового медного и медно-магнетитового, а иногда и золотого оруденения, обусловленная их связью с массивами общей продуктивной плутогенной формации, характерна для рудных узлов Урала, где выделяется несколько таких КМПС: Воскресенская, Ключевская, Круглогорская, Кияктинская и др. Набор развитого в них оруденения полностью определяется рудоносностью ВПА базальтоидных ВПП, которым они принадлежат. На *Гумешевском месторождении*, приуроченном к структурам Новоалексеевского базальтоидного ВПП (Средний Урал), скарновые медные и медно-магнетитовые руды, пред-

ставляющие скарново-медно-порфировый тип, выделенный М. Эйнаути с коллегами [22], определяют основную промышленную значимость этого объекта, а медно-порфировое оруденение развито в кварцевых диоритах Восточного массива. Все типы руд отличаются повышенной золотоносностью, обеспечивая промышленные концентрации золота в коре выветривания.

Андезитоидные ВПП. Для *молибден-медно-порфировых гранодиорит-монцонитовых КМПС* андезитоидных ВПП наиболее характерна сопряжённость медно-порфирового оруденения с эпитермальным золото-серебряным, золото-медным типа NS и золото-полисульфидным, мезотермальным золото-(сульфидно)-кварцевым, жильным и скарновым полиметаллическим, а также совмещение со скарнированными свинцово-цинковыми залежами в карбонатных породах рамы рудоносного интрузива.

Наиболее представительным примером молибден-медно-порфировой гранодиорит-монцонитовой КМПС является Алмалыкская, включающая рядовые и крупные медно-порфировые, а также золоторудные и полиметаллические месторождения. Она расположена на юго-восточном фланге Бельтау-Кураминского андезитоидного ВПП, сформированного в три этапа в среднем карбоне–перми на южной окраине Северо-Кызылкумского микроконтинента (Узбекистан).

Алмалыкская КМПС образовалась на раннем этапе становления пояса на сочленении двух взаимосвязанных структур: магматогенного поднятия длительного унаследованного развития и примыкающего к нему компенсационного вулканотектонического грабена (рисунки 5, 6). Поднятие представляет собой выступ фундамента ВПП, сложенный среднепалеозойскими терригенно-флишоидными, вулканогенными, карбонатными отложениями и массивами разновозрастных гранитоидов. В строении крупного Алмалыкского плутона (C_2) участвуют габброиды, габбродиориты, диориты, сиенитодиориты, гранодиориты, а также тела порфировых пород (гранодиоритов, кварцевых диоритов и кварцевых монцонитов), завершающих его становление. Более ранние плутоны принадлежат серпуховско-раннебашкирской рифтовой системе, пересекающей северный фланг поднятия, а поздние – Бельтау-Кураминскому ВПП. Вулканотектонический грабен, облекающий магматогенное поднятие с юга и востока, выполнен андезитовыми и андезидацитовыми вулканитами с интервалом накопления C_2 , раннемосковский век – C_3 . Вместе с поздними гранитоидами Алмалыкского плутона они образуют рудоносную ВПА раннего этапа становления Бельтау-Кураминского ВПП.

В выступе фундамента, в Алмалыкском плутоне и породах его рамы размещена внутренняя (стержневая)

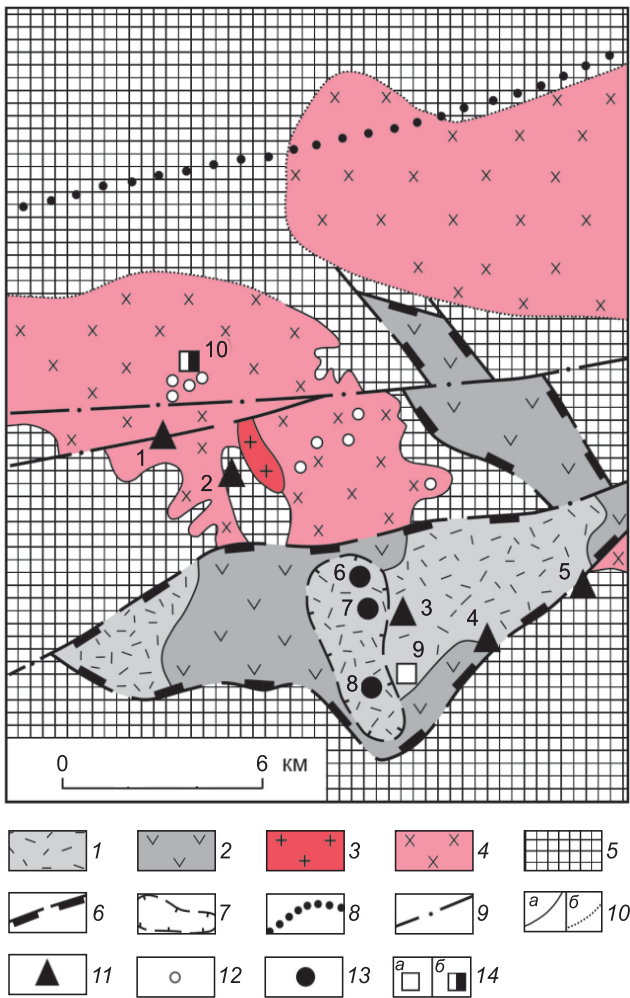


Рис. 5. Схема геологического строения Алмалыкского комплексного рудного узла (Срединный Тянь-Шань, Узбекистан):

1–4 – рудоносная вулcano-плутоническая ассоциация: 1–2 – андезит-дацитовая формация (C_2m-C_3): 1 – андезидацитовая и андезидацит-дацитовая толщи нерасчленённые, 2 – андезитовая толща, 3–4 – алмалыкский габбро-диорит-сиенитодиорит-кварцмонцитонитовый комплекс (C_2), продуктивный на медно-порфировое оруденение: 3 – рудоносные кварцевые монцитонит-порфиры и гранодиорит-порфиры, 4 – диориты и сиенитодиориты; 5 – фундамент ВПП (S, D_1, D_3-C_1); контуры: 6 – Алмалыкского вулcano-тектонического грабена, 7 – Каульдинской палеокотловины; 8 – Ангрэн-Чаткальская рифтовая зона (C_3v-s); 9 – основные разрывные нарушения; 10 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые по геофизическим данным под рыхлыми отложениями долины р. Ангрэн; 11–14 – месторождения: 11 – медно-порфировые (1 – Дальнее, 2 – Кальмакыр, 3 – Нижнекаульдинское, 4 – Кызата, 5 – Сарычеку); 12 – жильные золото-кварцевые (Актурпак, Гольдуран, Акджен, Сартабуткан) и полиметаллические (Накпай, Карахана, Кальтасай), 13 – эпитермальные золото-халцедон-кварцевые (Каульдинское, участки: 6 – Центральный, 7 – Южный, 8 – Южный-II), 14 – колчеданно-полиметаллические: а – непреобразованные (9 – Кульчулак), б – скарнированные и частично регенерированные (10 – Кургашикан)

зона КМПС с крупными золото-молибден-медно-порфировыми месторождениями Кальмакыр и Дальнее (см. рис. 5). В качестве рудоносных выступают порфировые интрузивы гранодиоритов-кварцевых монцитонитов. На месторождении Дальнее они представлены крутопадающими дайками – апофизами расположенного на глубоких горизонтах штока. На Кальмакыре апофизы рудоносного интрузива сочетают крутопадающие и субгоризонтальные (под экраном карбонатной толщи) элементы [5].

Медно-порфировые месторождения Алмалыкской КМПС отличаются высокой золотоносностью руд, которая, как показано Е. И. Николаевой, обусловлена широким распространением в рудах более поздних собственно золоторудных полисульфидных минеральных комплексов. В периферических зонах МПС локализованы самостоятельные золоторудные жильные объекты (Актурпак, Гольдуран, Акджен, Сартабуткан), сложенные кварц-пирит-золоторудным комплексом с золотоносным пиритом, теллуридами золота, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и блёклыми рудами.

Характерным объектом внутренней зоны Алмалыкской КМПС является полиметаллическое месторождение Кургашикан, локализованное в карбонатной толще фундамента (D_3-C_1) и сформированное в ходе её накопления. При становлении МПМ его пластообразные залежи, сохранившиеся в провисе кровли Алмалыкского плутона, были интенсивно скарнированы, обогащены медью, золотом, селеном и теллуром и осложнены жилообразными апофизами со стороны висячего бока (см. рис. 6). Аналогичные залежи месторождения Кульчулак, расположенного во внешней зоне КМПС, таким преобразованиям не подвергались. Возможно, продуктами регенерации стратоидных залежей под воздействием Алмалыкского плутона могут быть и мелкие полиметаллические жилы (Накпай, Карахана, Кальтасай и др.) на периферии медно-порфировых штокверков месторождений Кальмакыр и Дальнее.

Внешняя зона Алмалыкской КРМС размещена в Центрально-Алмалыкском грабене, примыкающем к выступу фундамента с крупными медно-порфировыми месторождениями внутренней зоны. Грабен выполнен вулканитами (C_2m-C_3) мощностью до 800 м, залегающими на терригенно-карбонатных отложениях с базальным горизонтом в основании. В разрезе выделяются нижняя андезитовая, средняя и верхняя андезидацитовые толщи. В вулканитах локализованы залежи Каульдинского эпитермального золоторудного месторождения и несколько рудопроявлений, а в выступах и относительно поднятых блоках основания грабена – рядовые медно-порфировые ме-

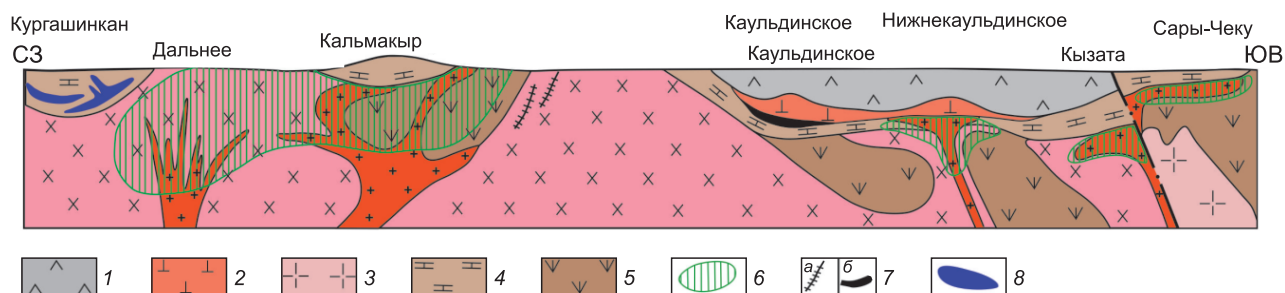


Рис. 6. Схематический сводный разрез Алмалыкской комплексной медно-порфировой системы (КМПС):

1 – андезит-дацитовая формация (C_2m-C_3) нерасчленённая; 2 – андезидацитовые экструзивные купола ранней генерации, продуктивные на эпитермальное золотое оруденение; 3 – граносиениты и граниты (C_3-P); 4–5 – фундамент ВПП: 4 – терригенно-карбонатная толща ($D_3 fm$), 5 – андезиты, риодациты (D_1); 6–8 – руды Алмалыкской комплексной РМС: 6 – золото-молибден-медно-порфировые, 7 – золото-кварцевые: а – жильные, б – стратойдные эпитермальные, 8 – скарнированные колчеданно-полиметаллические; см. услов. обозн. к рис. 5

сторождения Сарычеку, Кызата и Нижнекаульдинское (см. рис. 6).

В отличие от внутренней зоны МПС, где в качестве рудовмещающих выступают в основном магматиты Алмалыкского плутона, медно-порфировые месторождения внешней зоны локализованы в породах фундамента и во внутренних зонах рудоносных порфириновых интрузивов. Последние представлены субгоризонтальными линзо- и пластообразными телами и вместе с уплощёнными штокверками медно-порфириновых руд размещены под экраном фаменских известняков [5]. Месторождения Кызата и Сарычеку расположены по обе стороны крутопадающего Мисканского разлома, ограничивающего Алмалыкский грабен. Они являются частями некогда единого объекта, «разорванного» взбросо-сдвигом с амплитудой вертикального перемещения 500–700 м, горизонтального – 2,0–2,5 км. Нижнекаульдинское медно-порфириновое и Каульдинское эпитермальное золоторудное месторождения, образующие Каульдинскую КМПС второго порядка (см. рисунки 5, 6), находятся в центральной части грабена [16].

Нижнекаульдинское месторождение локализовано в поднятом блоке субстрата грабена, над которым мощность фаменских известняков и вулканитов андезитовой толщи резко сокращена. Рудоносный порфириновый интрузив гранодиоритов-кварцевых монзонитов Т-образной формы состоит из крутопадающего подводящего канала и близгоризонтальных апофиз-силлов, залегающих в толще известняков. В апикальной части он «надстроен» экструзивом андезидацитов мощностью до 400 м. Над палеопверхностью андезитовой толщи возвышаются наиболее крупные выступы кровли экструзива в сопровождении продуктов разрушения и перемыва. Этим опре-

деляется возрастная интервал становления сопряжённого с ним рудоносного порфиринового интрузива и, соответственно, медно-порфириновых руд – в завершение накопления андезитовой толщи.

Каульдинское месторождение малосульфидной кварц-халцедон-золоторудной формации представлено десятью линзо- и пластообразными залежами на трёх участках. Все они приурочены к палеовулканической котловине с наиболее полным разрезом вулканитов. Промышленная золотоносность связана с линзами, гнёздами и прожилками криптозернистого колломорфно-полосчатого халцедоновидного кварца с высоким (до 17 г/т) содержанием золота. Ж. Н. Кузнецовым в рудах выявлены два продуктивных комплекса: основной золото-пирит-кварцевый с тонкодисперсным и коллоидным золотом и поздний кварц-карбонат-полисульфидный (присутствующий и в медно-порфириновых рудах Нижнекаульдинского месторождения) с более крупным и низкопробным золотом.

В качестве рудоносного выступает Каульдинский андезидацитовый экструзив, сформированный на палеопверхности андезитовой толщи. К куполу выжимания высотой до 150 м примыкает лавовый шлейф протяжённостью до одного километра, который вмещает золоторудные залежи, локализованные в кластолах. В качестве рудоконтролирующих выступают палеовулканические депрессионные структуры. Присутствие рудокластов в породах кровли залежей указывает на их сингенетичность вмещающим породам, а также на близсинхронное формирование золоторудного и медно-порфиринового месторождений вслед за накоплением андезитовой толщи. От стержневой зоны Каульдинской КМПС с Нижнекаульдинским медно-порфириновым месторождением

эпитермальные золоторудные залежи удалены по латерали на расстояние от 1 до 2,5 км, что отражает свойственный этой системе латеральный тип рудно-формационной зональности (см. рисунки 5, 6).

В молибден-медно-порфировых КМПС сопряжённые типы оруденения часто представлены жильно-штокверковыми мезо-эпитермальными объектами золото-полисульфидного типа, тяготеющими к периферии МПМ. Обычная для этих объектов золотоносная халькопирит-галенит-сфалеритовая минеральная ассоциация отличается несколько повышенной сульфидностью (1–5%), иногда содержит теллуриды, а Au/Ag – от 1–2:10 до 1:1. По составу она близка полисульфидному типу руд медно-порфировых месторождений, свойственному их внешним частям [11]. Сопряжённость таких типов оруденения свойственна ряду рудных узлов андезитоидных ВПП Чукотки, Корякско-Камчатского, Малокавказского и других регионов.

Примером является *Екдэкгычская КМПС* Баимского рудного района в юго-восточном звене позднеюрского Курьинского ВПП (Чукотка), где плутониты продуктивной монцонитовой формации слагают крупный Екдэкгычский плутон. Основными промышленно значимыми объектами являются золото-содержащие молибден-медно-порфировые месторождения – крупное Песчанка и рядовое Находка. Кроме них и нескольких медно-порфировых проявлений, присутствуют золото-серебросодержащие кварц-карбонат-полисульфидные и золото-кварцевые проявления (рис. 7).

Центральную часть КМПС занимает золото-медно-порфировое месторождение Песчанка (Баимское) с дайкообразным телом рудоносных кварцевых монцонит-порфиров протяжённостью 6 км [14]. От центра к периферии здесь отмечена смена следующих рудно-метасоматических зон: интенсивного штокверкового окварцевания («кварцевое ядро») с магнетит-сульфидной минерализацией → калиево-кремниевая с молибденит-блёклорудно-борнит-халькопиритовыми рудами → внутренняя пропиловитовая и сменяющая её филлизитовая с молибденит-содержащими пирит-халькопиритовыми рудами → внешняя пропиловитовая с «пиритовым ореолом». Основными полезными компонентами руд являются медь и молибден, главными попутными – золото и серебро. Расположенное южнее медно-порфировое месторождение Находка, локализованное в крупной вулканоструктуре комагматичной субщелочной андезитовой формации, имеет более высокий эрозионный срез над выклинками рудоносных порфировых интрузивов.

На южном и юго-западном флангах рудного узла, во внешней верхней зоне КМПС распространена золото-серебро-полисульфидная минерализация

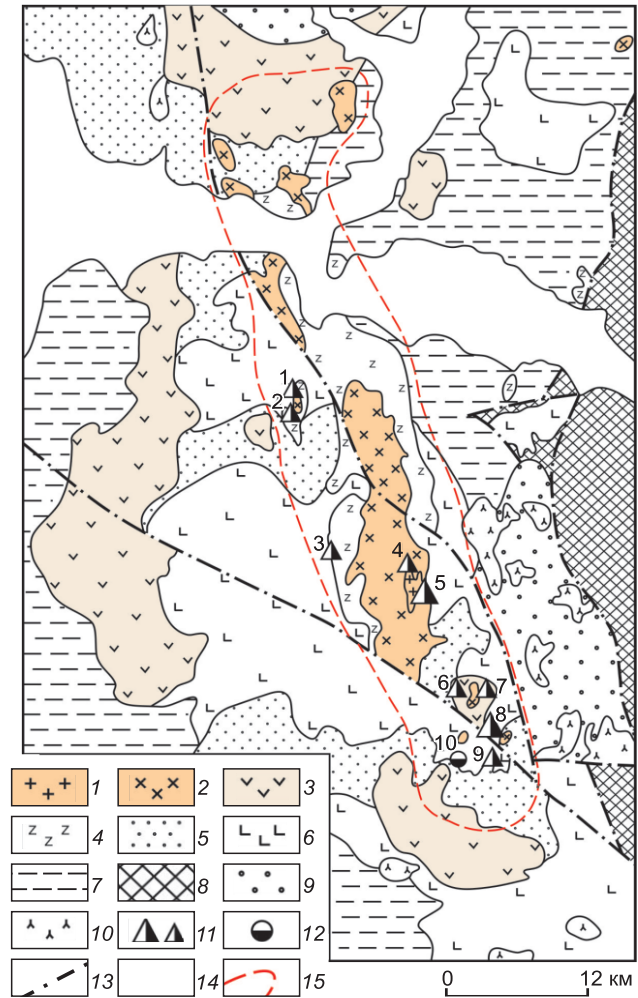


Рис. 7. Схема геологического строения Баимского рудного района (Чукотка). Составлена с использованием данных [14]:

1–3 – позднеюрская (J_3v_3) андезит-монцонитовая ВПА Курьинского ВПП: 1–2 – монцонитовая формация, продуктивная на медно-порфировые руды: 1 – рудоносные кварцевые монцониты и монцонит-порфиры, 2 – равномернозернистые и порфировидные монцониты, 3 – субщелочная андезитовая формация; 4–5 – предрудная позднеюрская (J_3v_3) ВПА: 4 – габбро-плаггиогранитная формация, 5 – базальт-андезитовая моллассовая формация; 6–8 – образования фундамента ВПП: 6–7 – позднеюрские: 6 – терригенно-вулканогенные с базальтами, андезитами, дацитами, риолитами, 7 – существенно терригенные, 8 – средне-позднепалеозойские Алучинского поднятия, включая гипербазитовую и кремнисто-базальтовую формации; 9–10 – раннемеловые образования Охотско-Чукотского ВПП: 9 – терригенные верхнемоллассовые, 10 – экструзивно-субвулканические и интрузивные среднего и кислого состава; 11–12 – месторождения (крупный знак) и рудопроявления (мелкий знак): 11 – золотосодержащие молибден-медно-порфировые (1 – низовья р. Егдэкгыч, 2 – Лучик, 3 – руч. Удачный, 4 – Егдэкгыч, 5 – Песчанка, 6 – Малыш, 7 – Третий Весенний, 8 – Находка, 9 – Прямой), 12 – золото-серебряные полисульфидные (10 – Весеннее); 13 – основные разломы; 14 – четвертичные отложения; 15 – граница Баимского рудного района

(проявления Весеннее, Верное, Смешливое). На рудопроявлении Весеннее рудоносный шток монцонит-порфиров в приконтактовых зонах аргиллизитов и вторичных кварцитов содержит полисульфидную минерализацию, состоящую из халькопирита, галенита, сфалерита, блёклой руды и аргентита, с повышенным содержанием Au и Ag.

Совмещение медно-порфирового и золотого оруденения проявлено и в отдельных блоках Охотско-Чукотского андезитоидного ВПП (Ольховкинская, Бургачанская КМПС). В Чаплинской КМПС с раннемеловой андезит-диоритовой ВПА связаны медно-порфировые проявления Синвеем и Гагачье, локализованные в выступе фундамента, и золото-серебряные преимущественно золото-полисульфидного типа Хед, Алеут и Журавленок – в примыкающей к нему вулкано-тектонической депрессии.

Рудный узел Левинсон-Лессинга выделяется в северном окончании Срединного выступа фундамента неогенового Корякско-Центрально-Камчатского андезитоидного ВПП. Он представляет собой одноимённую вулканоструктуру, сложенную вулканитами продуктивной андезит-диоритовой ВПА и перекрывающей её андезитами толщи (рис. 8). В примыкающих к ней блоках фундамента в диорит-гранодиоритовых массивах продуктивного лавкинского комплекса размещены медно-порфировые проявления (Лагерное и Туманное), а в вулканитах их рамы – золото-серебро-полисульфидные (Оганчинское, Лазурное), локализованные в комагматичных вулканитах. На Оганчинском проявлении, изученном Ю. М. Щепотьевым [21], жильно-штокверковые золото-полисульфидные руды в кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитах приурочены к экзоконтакту массива диоритов-кварцевых диоритов с молибден-медно-порфиоровым проявлением Туманное, а на участке Интрузивный оба типа руд совмещены.

Золото-серебро-полиметаллические (галенит-сфалерит-халькопиритовые) руды Оганчинского проявления с низкими значениями Au/Ag = 1:1–2:1 и возрастающим с глубиной количеством сульфидов идентичны золото-полисульфидному минералого-геохимическому типу руд, формирующемуся на поздних этапах образования медно-порфировых месторождений, в их периферических частях [11]. Тесная пространственная связь этих проявлений, сформированных в ходе становления рудоносной диорит-андезитовой ВПА, подтверждает их принадлежность единой Левинсон-Лессинга КМПС.

Данные последних лет свидетельствуют о частом вхождении в молибден-медно-порфировые КМПС эпitherмальных золото-медных и золото-серебряных месторождений типа HS, формирующихся в вулканоструктурах на периферии, в верхних частях МПС [3].

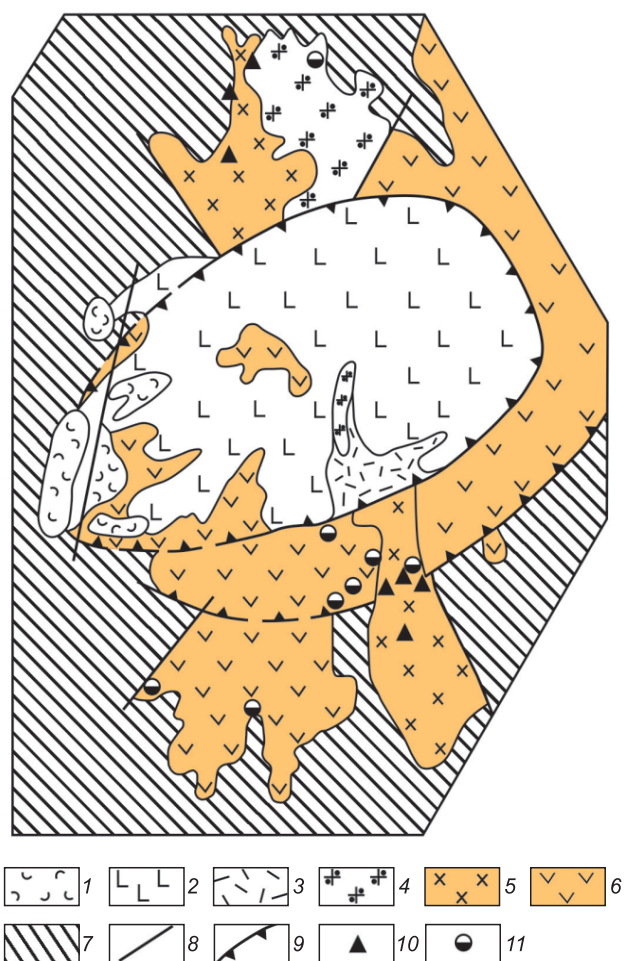


Рис. 8. Схематическая геологическая карта рудного узла Левинсон-Лессинга, Камчатка. По [21], с упрощением:

1 – современные отложения; 2–6 – образования неогенового Корякско-Центрально-Камчатского ВПП: 2 – андезитами, 3–6 – рудоносная ВПА: 3 – экструзивы риодацитов-риолитов, 4 – гранодиорит-порфиры, 5 – диориты, гранодиориты, 6 – андезиты, дациты; 7 – основание ВПП – вулканогенно-терригенные отложения палеогена; 8 – разломы; 9 – границы кальдеры; 10–11 – месторождения и рудопроявления: 10 – медно-порфировые, 11 – золото-полисульфидные и золото-серебряные

Они представлены стратоидными залежами, жилами, штокверками, оруденелыми брекчиями и зонами вкрапленности в алуниносодержащих метасоматитах (вторичных кварцитах). В рудах преобладают сульфиды с серой высшей окисленной формы – энаргит, люцит, теннантит; главными компонентами являются высокопробное Au и Cu (до 2–2,5%). Такие объекты известны в основном в кайнозойских ВПП со сравнительно небольшим эрозионным срезом: Лахоца (Венгрия); Пьерина, Янакоча, Эль Индио, Тамбо и Паскуа (Перу); Чекьюлимпе, Ла Пепе, Эль Хуесо

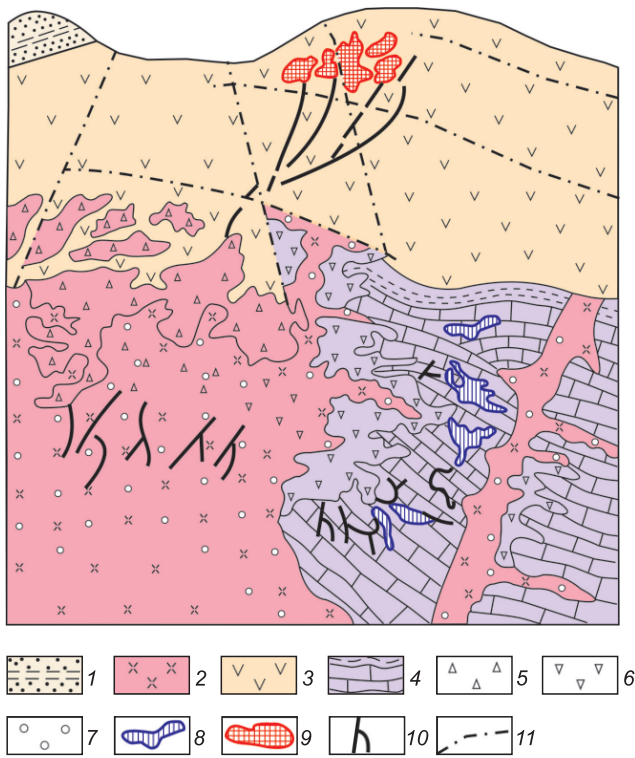


Рис. 9. Геологический разрез месторождения Речк, Венгрия.
По И. Киссу и др., 1980 [12]:

1 – песчано-глинистые отложения олигоцена; 2–3 – образования позднеэоценового Внутренне-Карпатского ВПП: 2 – рудоносный интрузив диоритовых порфиритов, 3 – туфы и лавы андезитов; 4 – породы основания ВПП (известняки и сланцы триаса); 5 – эндоскарны; 6 – экзоскарны; 7–10 – типы оруденения: 7 – медно-порфировое месторождение Речк, 8 – скарновое полиметаллическое, 9 – прожилковое энаргит-люционитовое с золотом и серебром (проекция рудных тел месторождения Лахоци на плоскость разреза), 10 – жильное полиметаллическое; 11 – разрывные нарушения

(Чили); Нена и Уафи (Папуа–Новая Гвинея); Маунт-Каси (Фиджи); Гиджинбунг и Пик Хилл (Австралия).

КМПС Речк–Лахоци (Венгрия) размещена в выступе триасового основания позднеэоценового Внутренне-Карпатского андезитоидного ВПП. Она включает молибден-медно-порфировое месторождение Речк и расположенное на его дальнем фланге и выше по разрезу золото-медное месторождение Лахоци (рис. 9) [12]. Штоки диоритовых порфиритов, прорывающие толщу триасовых известняков и постепенно переходящие на верхних уровнях в андезиты, являются центром КМПС и контролируют положение разнообразной рудной минерализации. Прожилково-вкрапленные (молибден)-медно-порфировые руды в серицит-кварцевых метасоматитах и пропилитах внешней части эндоконтактной зоны и в силлооб-

разных апофизах интрузива сближены с гранат-актинолитовыми эндоскарнами, содержащими халькопирит-пиритовую минерализацию. В известняках экзоконтактной зоны рудоносного штока размещены пластообразные тела и линзы известковых скарнов с медными и цинково-медными рудами, в которых пирит ассоциирует с магнетитом, халькопиритом и пирротинном, а на более высоких горизонтах – со сфалеритом. Некоторые из них представляют собой залежи массивных колчеданных руд. На дальних флангах месторождения медная и медно-цинковая скарновая минерализация сменяется субпластовыми скарнированными свинцово-цинковыми залежами в известняках. Поздние полиметаллические жилы развиты как в рудоносном интрузиве, так и в скарнах.

Месторождение Лахоци типа HS, представленное субпластовыми, трубообразными и штокверковыми стратоидными залежами пирит-энаргит-люционитовых руд с высокими содержаниями Au и Ag, локализовано на фланге КМПС в аргиллизированных андезитах надинтрузивной зоны и на удалении от неё. Собственно, медно-порфировый Речк был обнаружен в ходе поискового бурения на глубоких горизонтах золото-медных залежей.

В Малетойваямском рудном узле неогенового Корякско-Центрально-Камчатского андезитоидного ВПП медно-порфировые проявления в телах диоритов известны в локальных выступах фундамента. Прожилково-вкрапленная медно-мышьяковая (энаргит-люционитовая) Au-Ag-содержащая минерализация в сероносных вторичных кварцитах локализована во внутренней зоне (Юбилейное) и на периферии (Октябрьское, Вамтуваямское) вулканической постройки, сложенной породами рудоносной миоценовой диорит-андезитовой ВПА с апофизами нескрытого интрузива, продуктивного на медно-порфировые руды. Очевидно, к этому же типу может быть отнесено и эпитермальное золото-теллурическое месторождение Озерновское, содержащее сульфосольную фаматинит-энаргит-люционитовую серную минерализацию в алунитовых кварцитах [6].

В КМПС в качестве сопряжённых с медно-порфировыми выступают также золото-порфировые объекты, представленные штокверковыми рудами в эндо- и экзоконтактных зонах порфировых интрузивов и в самостоятельных телах магматитов рудоносной ВПА.

В Томинско-Березняковской КМПС (Южный Урал) андезитоидного Увельско-Еленовского ВПП, содержащего в основании продукты базальтоидного магматизма, раннекаменноугольная рудоносная диорит-андезитовая ВПА сопровождается медно-порфировыми (Томинское, Калиновское, Биргильдинское) и золото-порфировым (Березняковское) месторождениями. Основной объект – Томинское золото-

медно-порфировое месторождение локализовано в эндо-эзоконтактовой зоне массива диоритов-кварцевых диоритов. На Березняковском золото-порфировом месторождении рудоносным является экстрезивно-субвулканический массив порфировых диоритов-андезитов. Золото-сульфидный штокерк, прослеженный до глубины более 450 м, локализован в кварцевых порфировых диоритах, превращённых в рудной зоне в кварц-серицитовые метасоматиты и кварциты. На расположенном в том же районе Николае-Святительском месторождении промышленное золото-порфировое оруденение на глубоких горизонтах сменяется минерализацией медно-порфирового типа.

Присутствие карбонатных пород в породах рамы рудоносных интрузивов обуславливает появление в КМПС андезитовидных ВПП скарновых месторождений, состав которых напрямую зависит от типа фундамента пояса. В ВПП с фемическим составом фундамента – это золотоносные медные и медно-магнетитовые скарны, совозрастные (медные) или прешествующие (магнетитовые) медно-порфировым рудам (Майданпек, Великий Кривель, Сербия; Саяк и Каратас, Казахстан). Типичные для таких обстановок рудные узлы (Fe, Cu, Au) широко распространены на Урале, образуя группу КМПС «ауэрбаховского типа», связанную со становлением рудоносной известково-щелочной габбро-андезибазальт-диорит-андезитовой ВПА. В эту группу входят (с севера на юг): Янаслорский, Хараматолоуский, Новогодненский, Элькошорский, Масловский, Ауэрбаховский, Травянский, Тахталымский, Круглогорский, Тарутинский, Варваринский и Баталинский рудные узлы, характеризующиеся пространственным совмещением нескольких типов оруденения из числа перечисленных: магнетитового (магматического, вулканогенно-осадочного, в том числе скарнированного, и скарнового); халькопирит-пиритового (медно-порфирового, скарнового, стратиформного вулканогенно-осадочного и вулканогенного); золоторудного (мезотермального золото-кварцевого жильного и штокеркового, вкрапленного золото-кварц-сульфидного, эпитепмального вулканогенно-осадочного). Из редко встречающихся типов можно отметить боросиликатное стратиформное и жильное оруденение в Ауэрбаховской КМПС и медно-титаномагнетитовое магматическое в Круглогорской.

Ярким примером разнообразия совмещённого оруденения служит *Ауэрбаховская КМПС* в раннедевонском Ауэрбаховско-Новогодненском андезитовидном ВПП, сформированном на фемическом субстрате. Как было показано ранее [15], здесь сосредоточено несколько десятков месторождений магнети-

товых, медных и золотых руд всех перечисленных выше типов (рис. 10).

Сопряжённое скарново-медно-порфировое и золотое оруденение проявлено и в отдельных блоках Охотско-Чукотского андезитовидного ВПП. В *Медьгорской КМПС* на северо-восточном фланге Омолонского массива присутствуют скарново-золото-медно-порфировый (месторождения Медь-Гора и Кэн), жильный золото-кварцевый и золото-сульфидно-кварцевый, а также золото-серебряный, преимущественно золото-серебро-полисульфидный (проявление Извилистый и др.) типы оруденения. Все они сопряжены с раннемеловой рудоносной андезит-диоритовой ВПА. Характерно проявление латеральной рудно-формационной зональности с размещением скарново-медно-порфировых и мезотермальных золоторудных объектов в выступе фундамента, а золото-серебряных – в примыкающей к нему вулканотектонической депрессии [6].

Вместе с тем ряд андезитовидных ВПП сформирован на терригенно-карбонатных толщах окраин карбонатных платформ с характерными для них стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями миссисипского типа, которые оказываются в сфере воздействия плутолитов рудоносных формаций. Подвергаясь скарнированию и частичной регенерации, эти залежи утрачивают признаки сингенетичности с образованием скарновых свинцово-цинковых рудных тел, а также полиметаллических жил. Таким образом, в структуре КМПС реализуется вариант совмещённого (возможного) оруденения – первичного метасоматического (сингенетичного вмещающим породам) и скарнированного свинцово-цинкового с медно-порфировыми. Так, в Карпато-Балканском регионе свинцово-цинковые с золотом и серебром проявления известны на флангах медно-порфировых месторождений Златица-Плавица, Медет, Златно и других [10, 12].

Наиболее масштабно этот тип медно-молибден-порфировых КМПС представлен в горнорудном районе Бингхэм Каньон (штат Юта, США) эоценового андезитовидного Уосатчского ВПП, сформированного на мощном осадочном чехле окраины Вайомингского кратона. Стратоидные свинцово-цинковые залежи и жилы в известняках располагаются как в ореоле пиритизации, так и за его пределами, на удалении до нескольких километров от штока кварцевых монзонит-порфиров, с которым сопряжено гигантское золото-молибден-медно-порфировое месторождение Бингхэм [12]. Это даёт достаточно веские основания для отнесения стратоидных свинцово-цинковых залежей района Бингхэм к первично сингенетичным, частично метаморфизованным и регенерированным

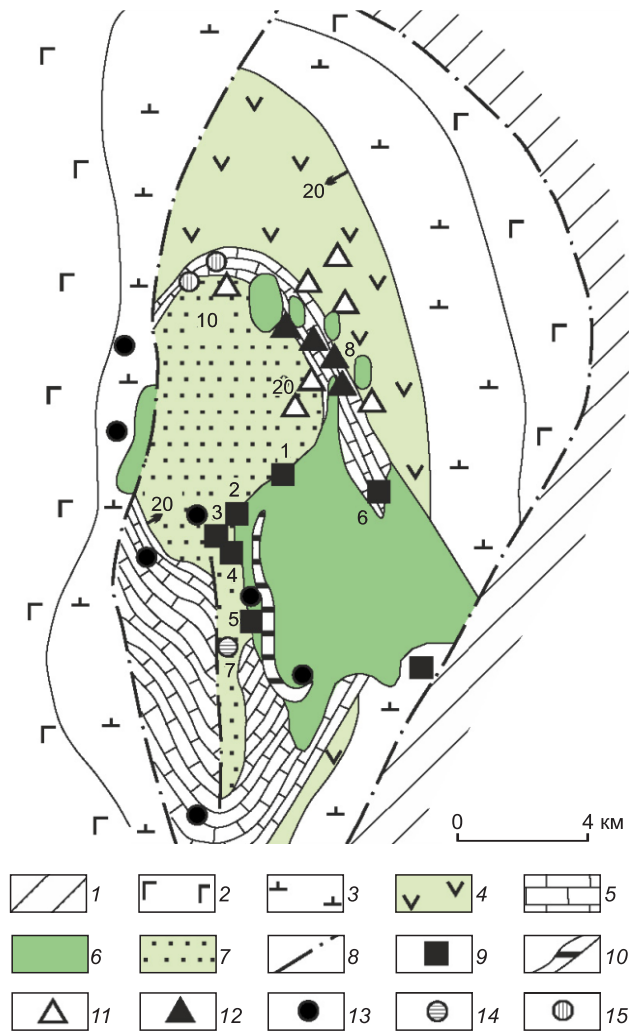


Рис. 10. Схема геологического строения Ауэрбаховского рудного района (Северный Урал):

1 – серпентиниты; 2–3 – породы основания ВПП: 2 – базальты и андезибазальты, 3 – трахибазальты и трахиандезиты; 4–7 – рудоносная габбро-диорит-андезибазальт-андезитовая ВПА раннедевонского Ауэрбаховско-Новогодненского ВПП: 4 – андезибазальты и андезиты нижней толщи, 5 – известняки, 6 – плутониты габбро-диорит-гранодиоритовой формации, 7 – андезибазальты, андезиты, дациты верхней толщи (вулканокластиты, лавы, пирокластиты, экструзивы); 8 – разломы; 9–15 – типы оруденения: 9–10 – магнетитовое: 9 – вулканогенное, скарновое и скарнированное, 10 – вкрапленное гистеромагнетическое и ксенолиты в андезибазальтовом экструзиве, 11 – сульфидное магнетитсодержащее, 12 – медно-скарновое (скарново-медно-порфировое) и медно-порфировое в диоритах, 13 – жильное золото-кварцевое, 14 – золото-реальгарпиритовое; 15 – золото-полисульфидное; местоположение месторождений: 1–6 – магнетитовые: 1 – Ново-Песчанское, 2 – Северо-Песчанское, 3 – Западно-Песчанское, 4 – Южно-Песчанское, 5 – Северо-Воронцовское, 6 – Ауэрбаховское, 7 – Воронцовское золото-реальгарпиритовое, 8 – Вадимо-Александровское скарново-медно-порфировое, 9 – Башмаковское и Богословское сульфидные пирит-пирротин-халькопиритовые, 10 – Васильевское золото-полисульфидное

под воздействием продуктов многофазного монцитонитового плутонизма, включая внедрение порфирового штока, с которым сопряжено это молибден-медно-порфировое месторождение.

Таковую же природу имеют свинцово-цинковые залежи в рудных полях некоторых медно-порфировых месторождений Юго-Восточной Европы (Речк, Венгрия; Злата Баня, Словакия; Окно-де-Фьер, Румыния). Особенно наглядно процесс преобразования подобных залежей проявлен на месторождении Кургашикан Алмалыкской КМПС (Узбекистан), где в фундаменте ВПП присутствуют и первичные свинцово-цинковые залежи, сохранившие все признаки сингенетичности (месторождение Кульчулак).

Имеется достаточно оснований для включения в КМПС мезотермальных жильных полиметаллических руд, являющихся продуктами поздних стадий развития медно-порфировых систем и тяготеющих к внутренним частям пропиловитовых ореолов. В то же время среди таких жил, как и среди находящихся на флангах и в верхних частях МПС, могут присутствовать полиметаллические жилы, являющиеся продуктами регенерации свинцово-цинковых залежей, сингенетичных карбонатным породам рамы рудоносных интрузивов. Примером этому служат проявления полиметаллической минерализации (Накпай, Каракхана, Кальтасай и др.) на периферии медно-порфировых штоков месторождений Кальмакыр и Дальнее в Алмалыкской КМПС (Узбекистан).

Отличительная особенность молибден-медно-порфировых КМПС заключается в возможности появления в их структуре совмещенного оруденения более поздних этапов развития андезитоидных ВПП, сопряженного с другими рудоносными ВПА и формациями, продуктивными на другие типы месторождений. Такие системы представляют собой рудные районы и узлы с комплексной металлогенией, возникшие в связи с телескопированием оруденения, принадлежащего нижним и средним, реже верхним этапам поясов, а также их фундаменту (Златно, Сербия; Коунрад, Акчатау, Карагайлы, Казахстан). Обычно они приурочены к плутогенным поднятиям, к участкам резкого нарушения линейной конфигурации ВПП и сочленения крупных региональных и глубинных разломов. Не исключено, что такие комплексные рудные узлы фиксируют зоны тепломассопереноса – своеобразные локальные «горячие точки», длительно существующие во всем временном интервале формирования ВПП.

Коунрадская (Коньратская) КМПС (Казахстан) приурочена к крупному выступу фундамента Прибалхашско-Илийского андезитоидного ВПП. Сопоставление палеотектонических схем позднего палеозоя [1, 2] показывает, что в формировании пояса выделяются три этапа: C_{2-3} , C_3-P_2 и P_2-T_1 . В первый

из них образуется андезит-риолит-гранодиоритовая ВПА, с плутонитами которой (балхашский и топарский комплексы) ассоциируют медно-порфиновые (Коунрад, Актогай и др.), а также золоторудные мезотермальные (Слушюкы, Музбель) месторождения, а с вулканитами – золото-серебряные месторождения и проявления (Таскора, Караоба, Аяк-Уайт, Бесшюкы, Наурызбай и др.) [7]. Образования второго этапа представлены дацит-риолит-гранит-лейкогранитной ВПА, с которой связаны редкометалльные (Mo, W, Sn-W, Hg) объекты. Со щелочными магматитами третьего этапа ассоциирует редкоземельное оруденение.

Стержневым элементом КМПС служит крупное медно-порфировое месторождение Коунрад (Коньрат), размещающееся в выступе фундамента в пределах Токрауского плутона балхашского комплекса [2]. Рудовмещающей является палеовулканическая постройка центрального типа, сложенная вулканитами рудоносной андезит-риолит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа ВПП. Интрузив гранодиорит-порфиоров третьей фазы балхашского комплекса и сопряжённый с ним рудный штокверк сложной воронкообразной формы локализованы в жерловой зоне. Вулканиты в ней превращены во вторичные кварциты, сменяющиеся в направлении флангов кварц-серицитовыми метасоматитами, аргиллизитами и пропилитами. В рудоносных гранодиорит-порфирах до глубины 80–300 м в кварц-серицитовых метасоматитах развиты богатые энаргит-халькозиновые руды зоны вторичного сульфидного обогащения, а ниже, до глубины 700 м и более – убогие халькопиритовые медно-порфиновые руды с содержанием Cu 0,3%.

С востока и северо-востока к вулканоструктуре, вмещающей медно-порфировое месторождение Коунрад, примыкает Восточно-Коунрадский массив рудоносной гранодиорит-гранит-лейкогранитной формации (акчатауский комплекс) второго этапа становления ВПП. К его апикальной части приурочены жильно-штокверковые редкометалльные (Mo, W) месторождения Восточный, Северный, Южный Коунрад и Вольфрамовые сопки. Крутопадающие кварцево-жильные рудные тела имеют кулисное строение по простиранию и падению и контролируются трещинными зонами протяжённостью до нескольких км при мощности десятки–сотни метров. В.Ф. Чухровым [20] установлено 3 типа жил: высокотемпературные кварцевые молибденовой и вольфрамовой формаций, разобщённые в пространстве, и средне-температурные позднего полосчатого кварца. Крупное месторождение Восточный Коунрад представлено кварц-молибденитовыми жилами протяжённостью 8 км, а также двумя более поздними кварц-

молибденит-вольфрамитовыми жилами. Кварцевые жилы и слюдяно-кварцевые околожильные грейзены содержат богатые молибденовые руды. Среднее содержание молибдена по месторождению – 0,424%, вольфрама – 0,013%.

Совмещение рудных образований раннего и среднего этапов становления Прибалхашско-Илийского ВПП характерно и для *Акчатауской КМПС*, также приуроченной к выступу фундамента пояса. Оруденение раннего этапа представлено медно-порфировым, золото-кварцевым и жильно-штокверковым свинцово-цинковым типами. С массивом продуктивного топарского комплекса здесь связаны медно-порфиновые проявления Алтуайт, Жакедуан и Косчеко-Восточный, а также жильное золото-кварцевое Аэродромное. К относительно опущенному блоку, сложенному вулканитами дацит-риолитовой формации в объёме керегетасской свиты (C₂₋₃), приурочено жильно-штокверковое свинцово-цинковое проявление Кузюкадыр. Рудные жилы, штокверки и минерализованные брекчи локализованы в туфах кислого состава, в экзоконтактной зоне штока гранодиоритов топарского комплекса, продуктивного на медно-порфиновые руды. Главные рудные минералы – пирит, галенит, сфалерит, второстепенные – халькопирит и самородное серебро.

Со вторым этапом становления Прибалхашско-Илийского ВПП здесь связано крупное месторождение Акчатау (и Акчатау-Западный) и ряд проявлений (Аксай, Карашин) редкометалльной кварцевожильно-грейзеновой формации. Все они локализованы в апикальной части слабоэродированного массива лейкократовых гранитов продуктивного акчатауского комплекса гранит-лейкогранитной формации.

В Акчатау-Коунрадском рудном районе, включающем обе рассмотренные КМПС, в последние десятилетия выявлен ряд золото-серебряных объектов, сформированных, как и медно-порфиновые, в рамках раннего этапа становления пояса. Среди них – мелкое месторождение Наурызбай с запасами Au до 478 кг при среднем содержании 17 г/т, а также несколько рудопроявлений золото-серебряного типа в вулканитах андезит-дацитовой формации [18]. На месторождении Наурызбай рудная минерализация ассоциирует с линзовидным телом монокварцитов. В золото-серебряных рудах с отношением Au к Ag 1:20 среди рудных минералов преобладают пирит (5–10%) и антимонит (до 5–40%), менее распространены колорадоит, высокопробное самородное золото и теллур, а также пираргирит, реальгар, галенит, халькопирит и другие минералы, а нерудные представлены в основном кварцем, гидрослюдами и пиррофиллитом.

Таким образом, Акчатау-Коунрадский рудный район характеризуется комплексной металлогенией,

обусловленной телескопированием медно-порфиروهого, золото-кварцевого, золото-серебряного и жильно-штокверкового свинцово-цинкового оруденения Коунрадской и Акчатауской КМПС, сформированных в связи с ВПА раннего этапа становления ВПП, и более позднего редкометалльного (MoW) в ассоциации с плутонитами второго этапа.

В комплексах основания молибден-медно-порфировых КМПС, принадлежащих андезитоидным ВПП, в отдельных случаях присутствуют медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические руды (Панагюрский рудный район в Болгарии, Кедабекский в Закавказье), за счёт которых формируются комплексные рудные узлы с «унаследованной металлогенией» [27]. Воздействие высокотемпературного поля, сопровождающего становление интрузивов МПС, приводит к перекристаллизации колчеданных руд и формированию новых минеральных ассоциаций в виде жил и прожилков (Карагайлы, Казахстан; Бор, Сербия). На месторождении Таш-Яр (Южный Урал) на основе анализа изменений содержаний железа и элементов-примесей в рудных минералах различных генераций и восстановления температурных режимов образования и преобразования колчеданных руд установлено, что последние в течение длительного времени (около 1 млн лет) находились в высокотемпературном и высокоградиентном поле более позднего гранитоидного интрузива [19]. Результатом стало возникновение метаморфической зональности, почти полная перекристаллизация колчеданных руд и формирование новых высокотемпературных минеральных парагенезисов, экстракция и рассеяние рудного вещества с образованием новых рудных тел – жильных и прожилковых в крутопадающих зонах (рис. 11).

Следует отметить, что для базальтоидных ВПП присутствие колчеданных залежей в основании золото-медно-порфировых КМПС не характерно, что обусловлено автономностью зон развития колчеданосных вулканогенных формаций и следующих за ними ВПА, продуктивных на медно-порфиновые и сопряжённые руды. Это обстоятельство, а также простое строение базальтоидных поясов, состоящих из единственной рудоносной ВПА, ограничивают возможности формирования в них КМПС с совмещённым оруденением. Совместное нахождение месторождений, принадлежащих базальтоидным вулканоплутоническим поясам с одной стороны, и их основанию, с другой, может быть достигнуто только за счёт процессов скупивания, достаточно широко проявленных в шовных зонах разного масштаба. Примером может служить рассмотренная выше Воскресенская КМПС с проявлением хромитовых руд в блоках базит-гипербазитового основания.

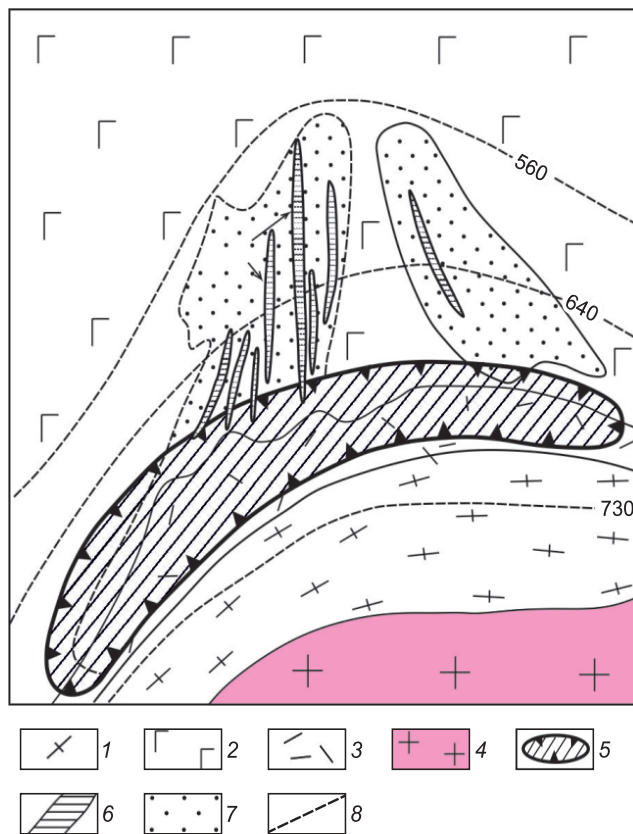


Рис. 11. Строение месторождения Таш-Яр, Ю. Урал, по [19], с упрощением:

1 – гнейсы; 2 – порфировые базальты; 3 – риолитовый порфир; 4 – гранитоиды; 5 – первичные колчеданные руды и их контур; 6 – жильно-прожилковые рудные тела; 7 – метасоматиты; 8 – изограды

Таким образом, выделенные две группы золото-медно-порфировых и молибден-медно-порфировых месторождений, принадлежащих соответственно базальтоидным и андезитоидным ВПП, заметно отличаются не только собственными характеристиками, но и строением соответствующих комплексных МПС, стержневыми элементами которых они являются. Принципиальные различия между этими КМПС отражены в наборе рудно-формационных типов сопряжённого и совмещённого оруденения.

Приведённые данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Месторождения медно-порфиروهого семейства отчётливо разделяются на две группы – золото-медно-порфиروهые и молибден-медно-порфиروهые, которые различаются по совокупности формационных признаков и принадлежат двум рудно-формационным типам.

2. МПМ или МПС представляют собой главные, стержневые элементы более крупных рудно-магматических систем с комплексной металлогенезом или комплексных МПС (КМПС) – золото-медно-порфировых диоритовых и молибден-медно-порфировых гранодиорит-монцитонитовых.

3. КМПС двух выделенных типов, обладая рядом сближающих их признаков, в то же время обнаруживают специфические черты строения и особенности входящих в их состав рудных образований. Для золото-медно-порфировых диоритовых КМПС характерно присутствие следующих сопряжённых типов оруденения: золото-сульфидно-кварцевого, золото-порфирового, эпитептермального золото-теллурического и золото-полисульфидного, реже золото-медного (люцитонит-энаргитового), а также скарнового и вулканогенного медного и медно-магнетитового. Этим КМПС не свойственно совмещённое оруденение.

Молибден-медно-порфировые гранодиорит-монцитонитовые КМПС отличаются существенно более разнообразными типами сопряжённого оруденения: эпитептермального золото-серебряного разной сульфидизации, (серебро)-золото-медного (люцитонит-энаргитового), золото-полисульфидного, золото-порфирового, мезотермального жильного золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого, а также скарнового и жильного полиметаллического. Существенным отличием КМПС андезитовидных ВПП является появление совмещённого оруденения более поздних этапов их становления (в основном редкометалльного), а также более раннего в комплексах фундамента – преимущественно скарнированного свинцово-цинкового миссисипского типа в карбонатных толщах. В обстановках фемического субстрата КМПС андезитовидных поясов по набору сопряжённого оруденения сближаются с золото-медно-порфировыми КМПС базальтоидных ВПП.

4. Установленные различия в характеристиках золото-медно-порфировых и молибден-медно-порфировых КМПС подтверждают обоснованность выделения двух рудно-формационных типов месторождений медно-порфирового семейства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых: в 10 томах / Гл. ред. Е. А. Козловский. Т. 6: Казахстан и Средняя Азия, кн. 1: Казахская складчатая область // Н. П. Михайлов, Ю. П. Селиверстов, М. Г. Хисамутдинов и др. – Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1989. – 234 с.*
2. *Даукеев С. Ж., Ужкенов Б. С., Абдуллин А. А. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 2. Металлогения. – Алматы, 2002. – 272 с.*
3. *Звездов В. С. Обстановки формирования крупных и сверхкрупных медно-порфировых месторождений // Отечественная геология. – 2019. – № 5. – С. 16–35.*
4. *Звездов В. С. Структурно-петрофизические обстановки формирования медно-порфировых штокверков месторождений // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 3–44.*
5. *Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Морфологические типы медно-порфировых штокверков и обстановки их формирования // Руды и металлы. – 2018. – № 4. – С. 37–52.*
6. *Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Прогностико-поисковые модели комплексных рудно-магматических систем вулканоплутонических поясов Востока России // Отечественная геология. – 2011. – № 3. – С. 13–21.*
7. *Кошкин В. Я., Сушков В. А. Историко-геологическая и геодинамическая позиция золоторудных месторождений Северного Прибалхашья // Геология и разведка недр Казахстана. – № 5. – 1995. – С. 24–29.*
8. *Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983. – 256 с.*
9. *Кривцов А. И. Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989. – 288 с.*
10. *Кривцов А. И., Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Медно-порфировые месторождения. Сер. Модели месторождений цветных и благородных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 2001. – 323 с.*
11. *Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Зональность и золотоносность руд медно-порфировых месторождений // Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Обзор ВИЭМС. – М., 1985. – 47 с.*
12. *Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Попов В. С. Медно-порфировые месторождения мира. – М.: Недра, 1986. – 236 с.*
13. *Мигачев И. Ф. Металлоносность рудно-магматических систем – прогнозы и их реализация // Базовые доклады «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей – достижения и перспективы». Научно-практич. конф. – М.: ЦНИГРИ, 2006. – С. 47–57.*
14. *Мигачев И. Ф., Гирфанов М. М., Шишаков В. Б. Медно-порфировое месторождение Песчанка // Руды и металлы. – 1995. – № 3. – С. 48–58.*
15. *Минина О. В. Ауэрбаховская комплексная рудно-магматическая система на Среднем Урале // Отечественная геология. – 1994. – № 7. – С. 17–23.*
16. *Минина О. В. Модель Каульдинской рудно-магматической системы (Узбекистан) как основа прогноза и поисков эпитептермальных месторождений золота // Руды и металлы. – 2006. – № 3. – С. 83–90.*
17. *Российский металлогенический словарь // Гл. ред. А. И. Кривцов. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. – 319 с.*
18. *Сайдашева Ф. Ф. Эпитептермальное золото-серебряное оруденение Акшатау-Коньратского рудного района*

- (Центральный Казахстан) // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Алматы, 2010. – 25 с.
19. *Сначев В. И., Романовская В. А.* Контактный метаморфизм колчеданных месторождений уральского типа // Вестник МГУ. Сер. геологическая. – 1989. – № 4. – С. 33–39.
 20. *Чухров Ф. В.* Минералогия и зональность Восточного Коунрада. – М.: АН СССР, 1960. – 236 с.
 21. *Щепотьев Ю. М., Вартамян С. С., Орешин В. Ю., Гузман Б. В.* Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана. – М.: ЦНИГРИ, 1989. – 244 с.
 22. *Эйнауди М. Т., Мейнерт Л. Д., Ньюбери Дж.* Скарновые месторождения // Генезис рудных месторождений. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – 203 с.
 23. *Chang Z., Hedenquist J. W., White N. C. et al.* Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines // *Economic Geology*. – 2011. – V. 106, I. 8. – P. 1365–1398.
 24. *Hollister V. F.* Regional characteristics of porphyry copper of South America. *Trans. A. I. M. E.* – № 1. – 1974. P. 45–53.
 25. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits // *Econ. Geol.*, 1970, vol. 65, P. 373–409.
 26. *Maryono A., Harrison R. L., Cook D. R., Rompo I., Terence G. H.* Tectonics and Geology of Porphyry Cu-Au Deposits along the Eastern Sunda Magmatic Arc, Indonesia // *Economic Geology*. – 2018. – V. – 113. – P. 7–38.
 27. *Migachev I.* Complex ore nodes of marginal volcanoplutonic belts and their geological setting // *Resource Geology Special Issue*. 1993. – № 15. – P. 199–209.
 28. *Pollard P. J., Taylor R. J., Peters L.* Ages of Intrusion, Alteration, and Mineralization at the Grasberg Cu-Au Deposit, Papua, Indonesia // *Economic Geology*. – 2007. V. 100. – P. 1005–1020.
 29. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems // *Economic Geology*. – 2010. – V. 105. – P. 3–41.
 30. *Waters P. J., Cook D. R.* Porphyry and Epithermal Deposits and ⁴⁰Ar/³⁹Ar Geochronology of the Baguio District, Philippines // *Economic Geology*. – 2011. V. 106. – P. 1335–1363.
 - [Environments of formation of large and super-large porphyry copper deposits]. *Otechestvennaya geologiya*, 2019, No. 5, P. 16–35. (In Russ.)
 4. *Zvezdov V. S.* Strukturno-petrofizicheskiye obstanovki formirovaniya medno-porfirovykh shtokverkov mestorozhdeniy [Structural and petrophysical conditions for the formation of porphyry copper stockworks in deposits]. *Otechestvennaya geologiya*, 2021, No. 6, P. 3–44. (In Russ.)
 5. *Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V.* Morfologicheskiye tipy medno-porfirovykh shtokverkov i obstanovki i ikh formirovaniya [Morphological types of porphyry copper stockworks and conditions of their formation]. *Rudy i metally*, 2018, No. 4, P. 37–52. (In Russ.)
 6. *Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V.* Prognozno-poiskovyye modeli kompleksnykh rudno-magmaticheskikh sistem vulkano-plutonicheskikh pojasov Vostoka Rossii [Predictive-search models of complex ore-magmatic systems of volcano-plutonic belts in the East of Russia]. *Otechestvennaya geologiya*, 2011, No. 3, P. 13–21. (In Russ.)
 7. *Koshkin V. Ya., Sushkov V. A.* Istoriko-geologicheskaya i geodinamicheskaya pozitsiya zolotorudnykh mestorozhdeniy Severnogo Pribalkhashya [Historical-geological and geodynamic position of gold deposits in the Northern Balkhash]. *Geologiya i razvedka neдр Kazakhstana*, No. 5, 1995, P. 24–29. (In Russ.)
 8. *Krivtsov A. I.* Geologicheskiye osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Geological bases of forecasting and prospecting of porphyry copper deposits]. Moscow, Nedra publ., 1983, 256 p. (In Russ.)
 9. *Krivtsov A. I.* Prikladnaya metallogeniya [Applied metallogeny]. Moscow, Nedra publ., 1989, 288 p. (In Russ.)
 10. *Krivtsov A. I., Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V.* Medno-porfirovyye mestorozhdeniya [Copper-porphyry deposits]. Ser. Modeli mestorozhdeniy tsvetnykh i blagorodnykh metallov, Moscow, TSNIIGRI publ., 2001, 323 p. (In Russ.)
 11. *Krivtsov A. I., Migachev I. F., Minina O. V.* Zonalnost i zolotonosnost rud medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Zoning and gold content of ores of porphyry copper deposits]. *Geologiya, metody poiskov i razvedki mestorozhdeniy metallicheskih poleznykh iskopayemykh*. Obzor VIEMS. Moscow, 1985, 47 p. (In Russ.)
 12. *Krivtsov A. I., Migachev I. F., Popov V. S.* Medno-porfirovyye mestorozhdeniya mira [Copper-porphyry deposits of the world]. Moscow, Nedra publ., 1986, 236 p. (In Russ.)
 13. *Migachev I. F.* Metallonosnost rudno-magmaticheskikh sistem – prognozy i ikh realizatsiya [Metal content of ore-magmatic systems – forecasts and their implementation]. Bazovyye doklady “Prognoz, poiski, otsenka rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniy na osnove ikh kompleksnykh modeley – dostizheniya i perspektivy”, Nauchno-praktich. Konf, Moscow, TSNIIGRI publ., 2006, P. 47–57. (In Russ.)
 14. *Migachev I. F., Girfanov M. M., Shishakov V. B.* Medno-porfirovovye mestorozhdeniya Peschanka [Porphyry copper deposit Peschanka]. *Rudy i metally*, 1995, No. 3, P. 48–58. (In Russ.)
 15. *Minina O. V.* Auerbakhovskaya kompleksnaya rudno-magmaticheskaya sistema na Srednem Urale [Auerbakhovsky

REFERENCES

1. *Geologicheskoye stroyeniye USSR i zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopayemykh: v 10 tomakh* [Geological structure of the USSR and patterns of distribution of minerals: in 10 volumes]. Gl. red. Ye. A. Kozlovskiy. V. 6 Kazakhstan i Srednyaya Aziya, bk. 1 Kazakhstanskaya skladchataya oblast. N. P. Mikhaylov, Yu. P. Seliverstov, M. G. Khisamutdinov et al. Leningrad, Nedra publ., 1989, 234 p. (In Russ.)
2. *Daukeyev S. Zh., Uzhenov B. S., Abdullin A. A. et al.* Glubinnoye stroyeniye i mineralnyye resursy Kazakhstana [Deep structure and mineral resources of Kazakhstan]. V. 2. Metallogeniya. Almaty, 2002, 272 p. (In Russ.)
3. *Zvezdov V. S.* Obstanovki formirovaniya krupnykh i sverkhkrupnykh medno-porfirovykh mestorozhdeniy

- complex ore-magmatic system in the Middle Urals]. *Otechestvennaya geologiya*, 1994, No. 7, P. 17–23. (In Russ.)
16. *Minina O. V.* Model Kauldinskoy rudno-magmaticheskoy sistemy (Uzbekistan) kak osnova prognoza i poiskov epitermalnykh mestorozhdeniy zolota [Model of the Kaulda ore-magmatic system (Uzbekistan) as a basis for forecasting and prospecting for epithermal gold deposits]. *Rudy i metally*, 2006, No. 3, P. 83–90. (In Russ.)
 17. *Rossiyskiy metallogenicheskiy slovar* [Russian Metallogenetic Dictionary]. Gl. red. A. I. Krivtsov, St. Petersburg, VSEGEI publ., 2003, 319 p. (In Russ.)
 18. *Saydasheva F. F.* Epitermalnoye zoloto-serebryanoye orudneniye Akshatau-Konyratskogo rudnogo rayona (Tsentralnyy Kazakhstan) [Epithermal gold-silver mineralization of the Akshatau-Konyrat ore region (Central Kazakhstan)]. Avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral. nauk. Almaty, 2010, 25 p. (In Russ.)
 19. *Snachev V. I., Romanovskaya V. A.* Kontaktovyy metamorfizm kolchedannykh mestorozhdeniy uralskogo tipa [Contact metamorphism of pyrite deposits of the Ural type]. *Vestnik MGU, Ser. Geologicheskaya*, 1989, No. 4, P. 33–39. (In Russ.)
 20. *Chukhrov F. V.* Mineralogiya i zonalnost Vostochnogo Kounrada [Mineralogy and zoning of East Kounrad]. Moscow, ANSSSR publ., 1960, 236 p. (In Russ.)
 21. *Shchepotyev Yu. M., Vartanyan S. S., Oreshin V. u., Guzman B. V.* Zolotorudnyye mestorozhdeniya ostrovnykh dug Tikhogo okeana [Gold deposits of island arcs of the Pacific Ocean]. Moscow, TSNIGRI, 1989, 244 p. (In Russ.)
 22. *Eynaudi M. T., Meynert L. D., Nyuberi Dzh.* Skarnovyye mestorozhdeniya [Genesis of ore deposits]. *Genezis rudnykh mestorozhdeniy*, V. 1, Moscow, Mir publ., 1984, 203 p. (In Russ.)
 23. *Chang Z., Hedenquist J. W., White N. C.* et al. Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines. *Economic Geology*, 2011, V. 106, I. 8, P. 1365–1398.
 24. *Hollister V. F.* Regional characteristics of porphyry copper of South America. *Trans. A.I.M.E.*, No. 1, 1974, P. 45–53.
 25. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, 1970, Vol. 65, P. 373–409.
 26. *Maryono A., Harrison R. L., Cook D. R., Rompo I., Terence G. H.* and Geology of Porphyry Cu-Au Deposits along the Eastern Sunda Magmatic Arc, Indonesia. *Economic Geology*, 2018, V. 113, P. 7–38.
 27. *Migachev I.* Complex ore nodes of marginal volcanoplutonic belts and their geological setting. *Resource Geology Special Issue*, 1993, No. 15, P. 199–209.
 28. *Pollard P. J., Taylor R. J., Peters L.* Ages of Intrusion, Alteration, and Mineralization at the Grasberg Cu-Au Deposit, Papua, Indonesia. *Economic Geology*, 2007, V. 100, P. 1005–1020.
 29. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*, 2010, V. 105, P. 3–41.
 30. *Waters P. J., Cook D. R.* Porphyry and Epithermal Deposits and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Baguio District, Philippines. *Economic Geology*, 2011, V. 106, P. 1335–1363.