

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ РУДЫ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Мигачев Игорь Федорович
migachev@tsnigri.ru

Минина Ольга Васильевна

Звездов Вадим Станиславович
zvezdov@tsnigri.ru

Приведен краткий ретроспективный анализ изучения месторождений медно-порфирового семейства в ЦНИГРИ на протяжении более 40 лет. С использованием разработанных геолого-генетических и научно-методических основ прогнозирования этих объектов, базирующихся на принципах структурно-формационного и рудно-формационного анализов, геолого-генетических моделях рудообразующих систем и месторождений в качественном и количественном выражении и построенных на их основе прогнозно-поисковых моделях разноранговых металлогенических таксонов (металлогенических зон, потенциальных рудных районов и полей) оценены перспективы отдельных вулканоплутонических поясов, провинций и зон России на обнаружение промышленных объектов медно-порфирового типа. С учетом инфраструктурного развития тех или иных регионов, наличия в них горнорудного производства и возможностей ускоренного вовлечения медно-порфировых месторождений в эксплуатацию в качестве приоритетных для их поисков и оценки рассматриваются территории Урала и Приамурья, в меньшей степени Забайкалья и Тувы.

Ключевые слова: вулканоплутонические пояса, прогноз, поиски, прогнозно-поисковые модели, рудно-магматические системы, медно-порфировые месторождения.

PROSPECTIVENESS OF THE RUSSIAN FEDERATION TERRITORY FOR CU-PORPHYRIES

FSUE TsNIGRI

I.F.Migachev
O.V.Minina
V.S.Zvezdov

A brief retrospective of Cu-porphyry studies carried out in TsNIGRI during a time span of four decades is presented. Using the geological-genetic and methodological prediction principles based upon structural and formative analysis of these objects, as well as upon exploration models of various hierarchical levels (metalogenic zones, clusters and camps), prospectiveness of individual volcanoplutonic belts, provinces, and zones of Russia for Cu-porphyries was estimated. Taking into account the infrastructural evolution rate of the regions, presence or absence of active mining enterprises and possibilities for enhanced development of Cu-porphyries into productive activities, the Urals and the Amur basin stand as exploration priorities; Transbaikalia and Tyva are next in the rank.

Key words: volcanoplutonic belt, prognosis, exploration, prospecting, exploration model, ore-magmatic system, Cu-porphyry.

Месторождения медно-порфиrowого семейства занимают ведущее положение в мировых запасах и добыче меди и молибдена (около 70%), а также попутно извлекаемых элементов – Au, Ag, Re и др. Среди них известно наибольшее количество гигантских и супергигантских объектов, таких как Чукикамата, Эль-Тениенте, Рио-Бланко, Лос-Бронсес, Ла Эскондида в Чили, Континентал-Бьютт, Пеббл, Моренси-Меткалф, Саффорд, Бингхэм в США, Кананеа в Мексике, Грасберг в Индонезии, Ок Теди и Вафи-Голпу в Папуа-Новой Гвинее, Алмалык в Узбекистане и др. с запасами Cu в десятки миллионов тонн, Mo – сотни тысяч – первые миллионы тонн, Ag – тысячи – десятки тысяч тонн, Au – сотни – первые тысячи тонн.

Изучение таких месторождений начато в ЦНИГРИ более 40 лет назад под руководством А.И.Кривцова. В советский период разработаны геолого-генетические и научно-методические основы прогнозирования медно-порфиrowых месторождений, базирующиеся на принципах структурно-формационного и рудно-формационного анализов, установления пространственно-временных связей между определенными геологическими формациями и рудно-формационными типами месторождений. Специалистами института в области геологии рудных месторождений А.И.Кривцовым, И.Ф.Мигачевым, С.Т.Агеевой, Л.П.Болдовой, А.Г.Волчковым, М.М.Гирфановым, И.В.Егоровой, В.С.Звездовым, И.В.Карлиной, Ю.К.Кудрявцевым, С.А.Лисициной, Р.Ф.Мараевой, О.В.Мининой, А.Е.Сальниковым, В.Г.Сапожниковым, Т.А.Путиной, В.М.Шепелевым, В.Б.Шишаковым, И.М.Юдиным выполнена серия тематических работ по изучению закономерностей размещения и прогнозированию медно-порфиrowых руд на территории СССР и его отдельных регионов – Урала, Забайкалья (зона БАМ), Камчатки, Тувы, Чукотки, Казахстана, Узбекистана, Киргизии. Составлены прогнозно-металлогенические карты с выделением перспективных для поисков металлогенических зон, потенциальных рудных районов и полей, подготовлены рекомендации к постановке геологоразведочных работ (ГРП). Проведены специализированные геологические и минералого-геохимические исследования месторождений Казахстана (Актогай, Айдарлы, Кызылкия, Коунрад, Коксай, Борлы, Бошекуль, Кенькудук, Каскырказган, Саяк), Узбекистана (Кальмакыр, Дальнее, Северо-Западный Балыкты, Кызата, Сары-Чеку), Урала (Михеевское, Тарутинское,

Салаватское, Андрюшинское, Зеленый Дол, Ново-Николаевское, Бенкала, Баталы), Малого Кавказа (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Техут), Чукотки (Песчанка, Находка), Тувы (Аксуг, Кызык-Чадр). Их результаты в сочетании со значительным объемом проанализированных зарубежных публикаций по объектам Северной и Южной Америки, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона послужили основой создания прогнозно-поисковых моделей (ППМ) разноранговых металлогенических таксонов – провинций, металлогенических зон (МЗ) и подзон, потенциальных рудных районов (ПРР), полей (ПРП) и поисковых участков (ПУ), т.е. потенциальных месторождений.

В качестве медно-порфиrowых провинций и крупных металлогенических зон выделены вулканоплутонические пояса (ВПП) двух типов – базальтоидные, развивающиеся в островодужном или рифтогенном режимах на базальтоидном ранне-островодужном субстрате, и окраинно-континентальные андезитоидные, становление которых в орогенно-активизационном режиме происходит на различном по составу и времени образования фундаменте. Геолого-тектоническая позиция поясов и их контуры, как правило, определяются долгоживущими глубинными разломами и ареалами развития вулканогенных и плутоногенных формаций, объединяемых в вулканоплутонические ассоциации (ВПА), в том числе потенциально продуктивные (металлоносные) в отношении медно-порфиrowого оруденения. Областям их распространения отвечают структурно-формационные и эквивалентные им металлогенические зоны.

Для базальтоидных поясов продуктивны на медно-порфиrowое оруденение ВПА, завершающие натровые серии базальтоидного магматизма и закономерно сменяющие во времени и по латерали однородные базальтовые и колчеданосные контрастные и непрерывные формации. Для андезитоидных ВПП потенциально рудоносны ВПА андезито-диоритового профиля (калиево-натриевого, натриево-калиевого и существенно калиевого в зависимости от петрологии структурно-вещественных комплексов (СВК) фундамента поясов), сформировавшиеся на ранних этапах становления поясов [7, 9–11].

Потенциальные рудные районы в пределах МЗ, как правило, эквивалентны крупным рудно-магматическим системам (РМС) «порфиrowого типа», обладающим комплексной металлогенией. При благоприятном положении эрозионного среза их

площади обычно соответствуют отдельным батолитоподобным многофазным и (или) полихронным плутонам, либо группам интрузивов, либо полям развития порфириновых тел рудоносной формации, обычно приуроченным к периферии локальных устойчивых палеоподнятий субстрата ВПП. При этом медно-, молибден-медно-, медно-молибденовые (с Au, Ag, Re, W и другими сопутствующими элементами) штокверковые руды локализованы во внутренних глубинных частях РМС, которые могут рассматриваться как самостоятельные медно-порфириновые системы (МПС), соответствующие рудным полям. Во внешних (фланговых) зонах таких систем может отмечаться жильная и скарновая полиметаллическая (с Au и Ag) минерализация, а в верхних (надрудных) – эпитегрмальная жильно-прожилковая и стратоидная золото-серебряная, медно-мышьяковая, мышьяково-сурьмяно-ртутная и самородная серная. Поисковым участкам (потенциальным месторождениям) в пределах ПРП (перспективных МПС) соответствуют площади возможного нахождения руд, отвечающих по запасам и качеству геолого-экономическим требованиям [15, 16].

Рудно-метасоматическая зональность и минералого-геохимические особенности руд месторождений зависят от состава рудоносных плутоногенных формаций, определяемых, в свою очередь, петрологией и геохимическим профилем структурно-вещественных комплексов фундамента поясов [7, 8 и др.], что послужило основанием разделения медно-порфирикового семейства на молибден-порфириновый, медно-молибден-порфириновый с золотом, золото-молибден-медно-порфириновый и собственно медно-порфириновый (золото-медно-порфириновый) рудно-формационные типы. Различия в условиях локализации, геологическом строении и минералого-геохимических характеристиках разнотипных месторождений учтены при разработке ППМ, являющихся по сути классификационно-признаковыми моделями разноранговых металлогенических таксонов (от провинций до поисковых участков), а также прогнозно-поисковых комплексов (ППК), т.е. наборов оптимальных методов ГРП, применяемых для выявления объектов прогноза и поисков на разных стадиях работ.

Прогнозно-поисковые модели и прогнозно-поисковые комплексы для медно-порфириновых и других геолого-промышленных типов месторождений цветных и благородных металлов и алмазов, созданные в ЦНИГРИ в 70–80 годы прошлого

столетия, актуализированы в прошедшее десятилетие и описаны в серии монографий [9, 12, 20 и др.] и методических руководств [15, 16, 19, 21]. Они позволили более обоснованно и системно проводить поиски и оценку новых объектов. Для повышения эффективности ГРП рассчитаны их предельные нормативы стоимости (ПНС), которые учитывались при планировании этих работ, как и специфика условий их выполнения в различных республиках, областях и краях бывшего СССР.

В 90-е и последующие годы научно-методические основы прогноза, поисков и оценки медно-порфириновых месторождений были усовершенствованы с учетом элементов, разработанных в ЦНИГРИ (в рамках межотраслевой программы «Геомодель») количественных геолого-промышленных, параметрических, морфометрических, структурно-петрофизических, концентрационных, градиентно-векторных, гидродинамических, теплофизических моделей рудообразующих систем и месторождений [4, 9, 22 и др.], позволивших «числом и мерой» оценить существовавшие рудогенетические концепции, т.е. геолого-генетические модели, и уточнить базирующиеся на них ППМ.

Проведенное И.Ф.Мигачевым, О.В.Мининой, А.Е.Сальниковым и др. исследование ряда рудных районов (узлов) с комплексной металлогенией показало, что они эквивалентны крупным рудно-магматическим системам (РМС) «порфирикового» типа, строение которых зависит от обстановок формирования. В объеме таких систем часто совмещены разновозрастные продукты рудогенеза, связанные как с тектономагматическими процессами различных этапов формирования ВПП, так и с «допоясной» металлогенией СВК их субстрата. На этом основании выделены комплексные рудные узлы (КРУ) трех типов – «чистой линии», с совмещенной и унаследованной металлогенией [17, 28].

Открытия конца 90-х – середины 2000-х годов в Южной Америке и Юго-Восточной Азии ряда эпитегрмальных стратоидных и жильно-прожилковых золото-медных, золото-серебряных и золото-порфириновых месторождений (типа «высокой», «средней» и «низкой сульфидизации») – Андоколло, Рефуджио (Панчо-Верде), Лобо, Марте, Фариде, Эль Хуесо и др. в Чили, Янокоча и Пьерина в Перу, Нена и Вафу-Голпу (Папуа-Новая Гвинея), Лепанто (Филлипины) и др. и доказательства их приуроченности к верхним частям крупных (площадью в сотни – первые тысячи квадратных километров) РМС «порфирикового» типа, во внутренних, более

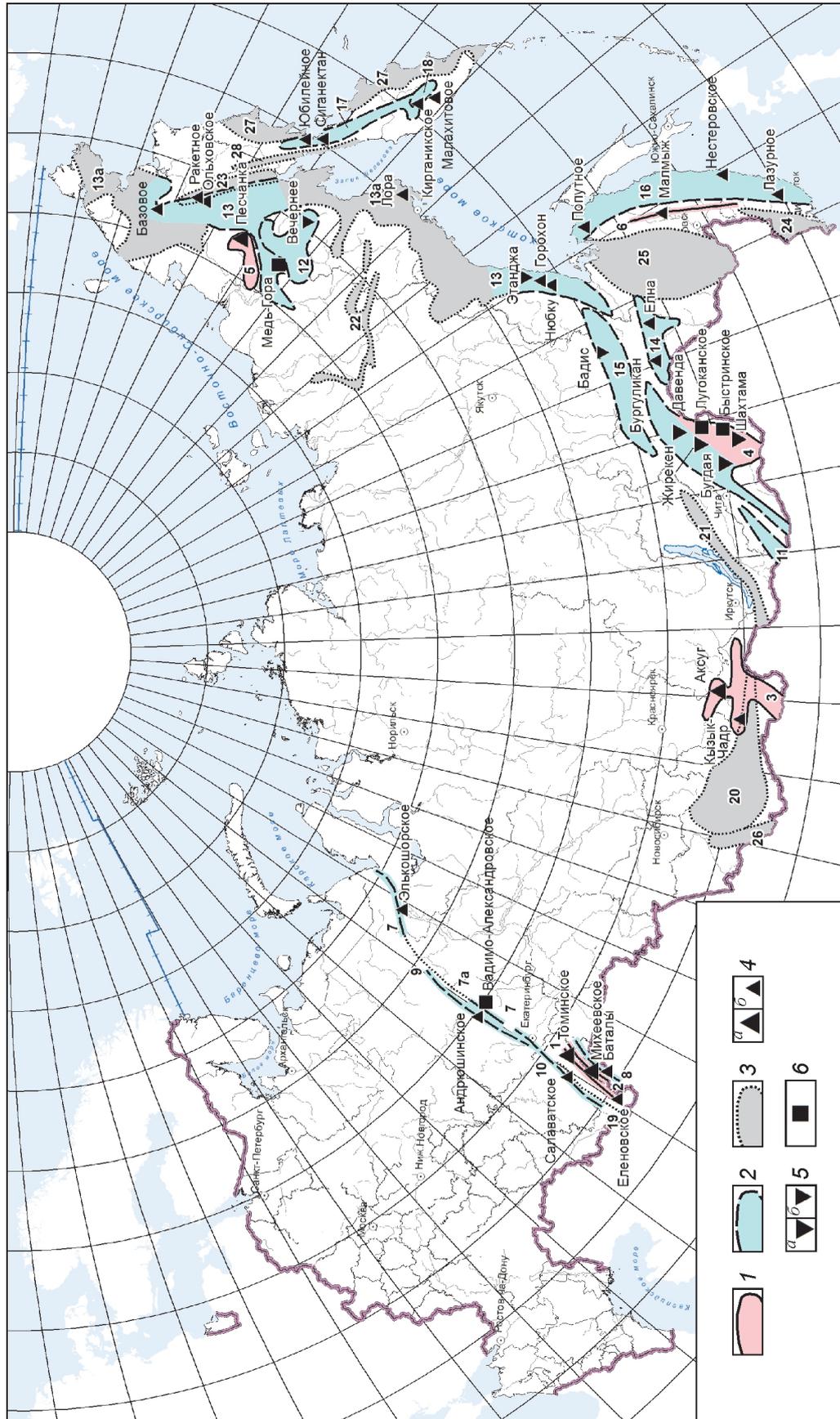
глубинных, зонах которых выявлены или прогнозируются медно-порфиоровые штокверковые руды [23–27, 29–33], послужили основанием для дальнейшего совершенствования геолого-генетических и прогнозно-поисковых моделей медно-порфиоровых месторождений и вмещающих их рудообразующих систем.

Генерализованная модель РМС «порфиорового» типа в современном виде предполагает приуроченность стратоидных и жильно-прожилковых золото-медных, золото-серебряных, медно-мышьяковых, мышьяково-сурьмяно-ртутных и серных руд к интенсивно аргиллизированным вулканогенным породам продуктивных ВПА верхних частей систем, во внутренних зонах которых в комагматических плутоногенных составляющих ВПА локализованы медно-молибден-порфиоровые, золото-молибден-медно-порфиоровые и жильные золото-кварцевые месторождения гипабиссально-субвулканического уровня, а во фланговых – мезотермальные жильные золото-полисульфидные, скарновые медно- и полиметалльно-железные (в карбонатных вмещающих породах). Таким образом, внутренние, фланговые и внешние части РМС могут рассматриваться как отдельные рудные поля, для которых при поисках целесообразно определение собственных наборов поисковых критериев и признаков.

По геологическому строению ВПП России имеют сходство с поясами Северной и Южной Америки, Юго-Восточной и Средней Азии, где сосредоточены десятки крупных медно-порфиоровых месторождений, включая гигантские. Однако к настоящему времени на Государственном балансе РФ числятся лишь четыре месторождения – Томинское и Михеевское на Южном Урале, Ак-Сугское в Республике Тыва, Песчанка в Чукотском АО, из которых только последнее можно отнести к категории крупных. Вместе с тем, наличие значительного количества недооцененных и недостаточно изученных перспективных территорий, а также медно-порфиоровых проявлений и сопряженных жильных и штокверковых золото-полисульфидных, золото-кварцевых, золото-серебряных, скарновых медных и полиметаллических месторождений и проявлений, часть из которых может принадлежать фланговым или верхним частям слабо эродированных РМС «порфиорового» типа, позволяет достаточно высоко оценивать перспективы поисков промышленных медно-порфиоровых месторождений в Российской Федерации.

В связи с этим с 2007 г. в ЦНИГРИ за счет средств федерального госбюджета возобновлены прогнозно-металлогенические исследования по оценке ресурсного потенциала России на медно-порфиоровые и сопряженные с ними руды цветных и благородных металлов. Составлена серия цифровых карт (с «ГИС-привязанными» электронными каталогами месторождений и наиболее крупных рудопроявлений): прогнозно-минерагеническая карта ВПП восточных регионов России м-ба 1:2 500 000 с картами-врезками Кавральянской, Хетачано-Кричальской и Северо-Сихотэ-Алиньской металлогенических зон м-ба 1:500 000; специализированная прогнозно-металлогеническая карта Магаданской области м-ба 1:1 000 000 с картой-врезкой Омудевской металлогенической зоны м-ба 1:200 000; прогнозные карты м-ба 1:500 000 Камчатского края, Войкарской (Малоуральской) металлогенической зоны Ауэрбаховско-Новогодненского ВПП, Ланковско-Тауйской металлогенической зоны Охотско-Чукотского ВПП, Октябрьской металлогенической зоны Умлекано-Огоджинского ВПП и др.

Анализ геотектонической позиции, строения и металлогении ВПП восточных регионов России и расположенных в их пределах рудных районов показал, что структура и ресурсный потенциал РМС «порфиорового типа» во многом зависят от обстановок становления продуктивных ВПА раннего этапа формирования поясов. С учетом этих обстановок, определяющих пространственно-временные соотношения плутоногенных и вулканогенных составляющих ВПА и сопряженных с ними проявлений разнотипной рудной минерализации, выделены четыре группы (модели) комплексных РМС, характеризующиеся различной магматической и рудно-формационной зональностью [6]. Первая – на сочленениях выступов фундамента поясов и вулканотектонических депрессий с латеральной зональностью; вторая – в магматогенных поднятиях субстрата ВПП при редуцированном развитии комагматических вулканитов с латерально-вертикальной зональностью; третья – типа «интрузив под вулканом» в относительно поднятых блоках фундамента ВПП с тесной пространственной сопряженностью плутоногенных и вулканогенных членов рудоносной ВПА и вертикальной зональностью; четвертая – «сжатые» по вертикали в условиях относительно поднятых блоков фундамента или краевых частей ВПП с совмещением разнотипной минерализации в контурах рудных зон (рудных тел) с явлениями наложения и частичной регенерации руд.



Таким образом, многочисленные проявления цветных и благородных металлов ВПП Востока России, на протяжении десятилетий изучавшиеся как «самостоятельные» объекты, могут принадлежать крупным комплексным РМС ВПА раннего этапа формирования поясов, что должно учитываться при их поисках и оценке. С этой целью разработаны интегрированные прогнозно-поисковые модели РМС с установлением поисковых критериев и признаков различных их частей – внутренних, фланговых и внешних [5].

На ряде перспективных потенциальных рудных районов и узлов, выделенных в металлогенических зонах вышеперечисленных ВПП Урала и Востока России, – Варчатинском (Элькошорском), Елна-Адамихинском, Магаданском, Танюерском, Ольховском, Убиенкинском, Серовском, Гайском и др., ЦНИГРИ в сотрудничестве с производственными организациями (Ямальская ГК, ООО «Станнолит», ОАО «Амургеология», ОАО «Георегион» и др.) в 2007–2012 гг. проведены поисковые работы, включая горно-буровые, с локализацией и оценкой прогнозных ресурсов потенциальных рудных полей и поисковых участков. Результаты этих работ [14, 18 и др.], выполненных на основе созданных интегрированных ППМ РМС, свидетельствуют о высоких перспективах ВПП России, особенно на северо-востоке страны, для поисков промышленных скоплений медно-порфировых руд. Однако успех таких работ может быть достигнут лишь в случае достаточных объемов заверочных горно-буровых работ, требующих соответствующего финансирования.

Базируясь на разработанных в ЦНИГРИ принципах и моделях прогноза и поисков медно-порфировых месторождений, авторами оценены перспективы ВПП России (рисунок) на обнаружение промышленных объектов названного типа.

На **Урале** выделены три основные геологические обстановки размещения медно-порфировых месторождений: в базальтоидных и андезитоидных вулканоплутонических поясах, а также в поясах, приуроченных к рифтогенным структурам Восточно-Уральского поднятия. Наиболее крупные базальтоидные пояса – Именновский на Среднем Урале, Ирендыкский и Гумбейский – на Южном. На медно-порфировые руды в них продуктивна габбро-диорит-плагиогранитная формация в составе андезибазальт-диоритовой ВПА, слагающей базальтоидный пояс.

В *Именновском ВПП* ($S_1w_2-S_2ld_1$) на Среднем Урале известны Рудноболотское, Шиловское, Алтынайское, Андриюшинское проявления со средним содержанием Cu и Mo на уровне первых десятых долей процента. В случаях присутствия среди вмещающих пород карбонатных отложений массивы рудоносной габбро-диорит-плагиогранитной формации сопровождаются медно-скарновыми (скарново-медно-порфировыми) рудами (Гумешевское, Шуралинское, Алексеевское, Ново-Алексеевское). На Гумешевском месторождении, помимо отработанных запасов, апробированы прогнозные ресурсы меди категорий P_1 100 и P_2 300 тыс. т при среднем содержании Cu 1,2%. Во Втором Северном и Вознесенско-Покровском рудных узлах (РУ) с габбро-диорит-гранодиоритовой монцонитоид-

Вулканоплутонические пояса РФ, ранжированные по степени перспективности на обнаружение медно-порфировых месторождений:

1 – перспективные (1 – Увельский, 2 – Новониколаевско-Карамысовский, 3 – Саяно-Тувинский, 4 – Забайкальский, 5 – Курьинский, 6 – Западно-Сихотэ-Алиньский); 2 – потенциально перспективные (7 – Ауэрбаховско-Новогодненский (северный и южный фланги), 8 – Валерьяновский (на территории РФ), 9 – Именновский, 10 – Ирендыкский, 11 – Чикой-Хилокское звено Орхон-Селенгинского, 12 – Кедонский, 13 – Охотско-Чукотский и Удско-Мургальский (Пенжинско-Анадырское, Березовское и Удско-Джугджурское звенья), 14 – Умлекано-Огоджинский, 15 – Становой, 16 – Восточно-Сихотэ-Алиньский, 17 – Корякско-Центрально-Камчатский, 18 – Ирунейско-Кирганикский); 3 – с неясными перспективами и неперспективные (7а – Ауэрбаховско-Новогодненский (центральное звено), 19 – Гумбейский, 20 – Минусинско-Тувинский, 21 – Джидино-Витимский, 22 – Уяндино-Ясачненский, 13а – Охотско-Чукотский и Удско-Мургальский (центральные звенья, Чукотская фланговая зона), 23 – Окрано-Пенжинский, 24 – Ханкайский, 25 – Хингано-Буреинский (Хингано-Охотский), 26 – Горно-Алтайский, 27 – Олюторско-Восточно-Камчатский, 28 – Пенжинско-Западно-Камчатский); месторождения (а) и проявления (б): 4 – медно-порфировые, молибден-медно-порфировые, 5 – молибден-порфировые, 6 – медно-скарновые (скарновые медно-порфировые)

ной формацией (северо-рудничный комплекс) сопряжены медно-порфировые (Пелым-Чакурское, Нижнеушминское, Высотинское) и золотосодержащие скарновые магнетитовые и медно-магнетитовые проявления.

В *Ирендыкском ВПП* (D_1-D_2e) на Южном Урале в штоке диоритовых порфиритов, прорывающем вулканы комагматичной базальт-андезибаазальтовой формации, локализовано Салаватское медно-порфировое месторождение со средним содержанием Cu 0,4% и ориентировочными запасами 800 тыс. т. В северной части пояса в выступе фундамента расположено Вознесенское проявление со средним содержанием Cu 0,55%. Рудоносность базальтоидной ВПА в благоприятных обстановках возрастает в связи со становлением комплексных рудно-магматических систем. Примером служит Круглогорский (Миасский) рудный узел, где соотношения разных типов оруденения подчиняются латеральной рудно-магматической зональности одноименной РМС. Ее внутренняя зона включает титаномагнетитовую минерализацию в габброидах, медно-порфиновые руды в габбро-диоритах (Медногорское проявление) и скарновые магнетитовые в вулканической постройке (Круглогорское месторождение). Во внешней зоне развиты вулканогенные и вулканогенно-осадочные руды железа, меди и золота, а на ее периферии – мелкие золото-порфировые проявления в андезитовых экструзивах.

В *Гумбейском ВПП* (D_2) продуктивная формация не выделена, медно-порфировые проявления не установлены, поэтому он рассматривается как неперспективный.

Таким образом, среди базальтоидных ВПП наиболее благоприятным на обнаружение медно-порфировых месторождений является Именовский, в то время как в Ирендыкском в качестве перспективного выделяется северное звено вблизи выступов фундамента пояса.

К числу андезитоидных поясов относится *Ауэрбаховско-Новогодненский* (S_2-D-C_1) с Ауэрбаховским и Войкарским (Малоуральским) звеньями, протягивающийся вдоль Восточно-Уральского поднятия на Среднем, Северном и Полярном Урале.

В южном, Ауэрбаховском, звене пояс образован габбро-диорит-гранодиорит-андезибаазальт-андезитовой ВПА (D_{1-2}). Ауэрбаховская кольцевая структура (рудный район) представляет собой комплексную РМС, образованную андезибаазальт-анде-

зитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой (ауэрбаховский комплекс) рудоносными формациями. Ее центром служит многофазный Ауэрбаховский интрузив, прорывающий известняковую рифовую постройку. С основными фазами его становления сопряжено формирование золотосодержащих скарновых магнетитовых (Песчанское и др.) месторождений, а с габбро-диоритами и диоритами – медно-порфировых и медно-скарновых (Вадимо-Александровское, Никитинское, Фроловское), обладающих признаками скарново-медно-порфирового типа, выделенного Дж.Мантейном и М.Эйнауди [29]. На периферии РМС локализованы стратоидные золото-реальгар-аурипигмент-пиритовые залежи Воронцовского месторождения.

Войкарское (Малоуральское) звено на Полярном Урале образует две ВПА: раннюю островодужную (S_2-D_1), сложенную базальт-андезибаазальт-андезитовой и габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной-диоритовой (собский комплекс) формациями, и позднюю (D_2-C_1), включающую трахибазальт-трахиандезитовую, монцо-габбродиорит-монцонитовую (конгорский комплекс D_{2-3}) и монцодиорит-гранитную (янаслорский комплекс D_3-C_1) формации. Плутоногенные формации рудоносны. В них локализованы золотосодержащие скарновые медно-магнетитовые (месторождение Первая Рудная Горка), золото-порфировые (Петропавловское), золотосульфидно-магнетитовые, золото-сульфидно-кварцевые (Новогоднее-Монто) и медно-порфировые (Элькшорское, Янаслорское) руды.

В Новогодненском рудном узле сосредоточены наиболее значительные золоторудные объекты, в том числе месторождение Новогоднее-Монто в экзоконтактной зоне массива габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации. Расположенный в том же РУ Петропавловский золото-порфиновый объект приурочен к восточному контакту Собского плутона, сложенного породами рудоносной формации. Молибден-медно-порфировые проявления, сопряженные с теми же интрузивными комплексами, что и золоторудные, выявлены в Янаслорском и Элькшорском потенциально перспективных РУ. ЦНИГРИ и ОАО «Ямальская горная компания» на одноименных рудных полях выполнены поисковые и заверочные работы с оценкой суммарных прогнозных ресурсов меди категории P_2 в количестве 538 тыс. т при среднем содержании Cu 0,2%.

Перспективы выявления медно-порфировых месторождений наиболее высоки во фланговых частях Ауэрбаховско-Новогодненского андезито-

идного ВПП, в ареалах развития массивов продуктивной формации в выступах фундамента.

На Южном Урале андезитоидный тип поясов представлен визе-намюрским (C_1) *Валерьяновским ВПП*, расположенным в пределах Урало-Тобольского поднятия, в основном на территории Северного Казахстана. Он сложен породами андезитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой (соколовско-сарбайский комплекс) формаций, образующими ВПА, продуктивную на медно-порфировое и магнетитовое оруденение. Вулканогенно-осадочные и скарновые магнетитовые руды ассоциируют с андезибазальтами, габброидами и диоритами ранних фаз; медно-порфировое оруденение (месторождения Бенкала Северная и Баталинское) сопровождается поздние гранодиоритовые и плагиогранитные порфировые фазы. На юг Челябинской области заходит северо-западная часть Валерьяновского пояса, где продуктивная ВПА ($C_{1v_{2-3}}$) выполнена вулканогенно-терригенной андезитовой и диорит-гранодиорит-плагиогранитной (баталинско-красноармейский комплекс) формациями. С рудоносными массивами сопряжены медно-порфировые проявления с наиболее значительным Александровским. Эти же массивы сопровождаются мелкими месторождениями золото-кварц-сульфидной (Тохтаровское, Тарановское) и золото-кварцевой (Блакское) формаций. Часть Валерьяновского ВПП, находящаяся на территории РФ, благоприятна на обнаружение медно-порфировых месторождений, но ограничена небольшими размерами площади пояса.

Другим типом геологических обстановок размещения медно-порфировых месторождений Урала являются локальные ВПП, развитые «на плечах» рифтогенных структур, сформированных на кратонизированном палеозойском субстрате Восточно-Уральского поднятия. Эти структуры представляют собой узкие рвы вдоль мобильных швов меридионального простирания, в которых совмещены разновременные магматические образования от силурийских до раннекаменноугольных. Вулканоплутонические пояса представляют собой как позднеостроводужные, так и активационные образования и отличаются простотой состава рудоносных комплексов, сложенных мелкими штоками и дайками диоритов, кварцевых диоритов, гранодиоритов и плагиогранитов. Возрастной диапазон (от S до C_1) формирования рудоносных интрузивов определяет присутствие разновозрастных медно-порфировых объектов.

Рифтогенные структуры Восточно-Уральского поднятия контролируют положение Увельского и Новониколаевско-Карамысовского ВПП.

Увельский ВПП представляет собой узкий субмеридиональный прогиб, продолжающийся на юге в Айдырлинском и Еленовско-Кумакском магматических ареалах. Рудоносная базальтоидная ВПА, образованная базальт-андезибазальтовой и габбро-диорит-плагиогранитной формациями, слагает обширные площади как внутри, так и «на плечах» прогиба. Силурийский абсолютный возраст ($427-429 \pm 6$ млн лет) рудоносного андезит-кварц-диоритового вулканоплутонического комплекса северного звена пояса (соответственно, принадлежность его к продуктам позднеостроводужного магматизма) подтвержден А.И.Грабежеевым [2].

В северном замыкании Увельского ВПП выделен Биргильдинско-Томинский медно-порфировый рудный узел, включающий Томинское месторождение, Биргильдинское и Мичуринское проявления. В Томинско-Березняковском рудном поле в массиве кварцевых диоритов локализовано медно-порфировое Томинское месторождение, а в субвулканических фациях – золото-порфировое Березняковское. На Томинском месторождении Государственным балансом на 01.01.2014 г. учтены запасы меди (тыс. т) категорий ABC_1 743,3 (среднее содержание Cu 0,47%), C_2 793,2 (0,46%) и забалансовые 195,7 (0,43%). Южнее в двух массивах диоритов и плагиогранит-порфиров размещено медно-порфировое проявление Зеленый Дол, а в западном экзоконтакте Каменского массива – Урманское проявление.

На южном продолжении пояса в ареале среднедевонской рудоносной андезибазальт-диорит-плагиогранитной ВПА в массиве плагиогранитов локализовано недавно отработанное мелкое Еленовское медно-молибден-порфировое месторождение с наиболее высокими на Урале средними содержаниями Cu 2,88%, Mo 0,024%, Au 2,1 г/т и запасами Cu 19 тыс. т.

С учетом развития базальтоидных ВПА силурийского возраста в Увельском звене и среднедевонского – в Айдырлинском и Еленовском можно сделать вывод о принадлежности пояса к полихронному базальтоидному типу, включающему две разновозрастные плутогенные формации, продуктивные на медно-порфировые руды.

Новониколаевско-Карамысовский андезитоидный ВПП (D_3-C_1) протягивается восточнее Увельского по западному флангу Зауральского поднятия и также представляет собой узкую рифтогенную

структуру, сформированную в крупном сиалическом блоке вдоль Джетыгаринского глубинного разлома. Потенциально рудоносная ВПА образована вулканогенно-терригенной андезибазальт-андезитовой и габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (михеевский комплекс C_1) формациями. Рудоносные интрузивы представлены сериями даек и удлиненными массивами порфиroidных диоритов (Карамысовский), диорит-порфиритов, плагиогранит- и гранодиорит-порфиroidов, тяготеющими к рифтогенным структурам.

В северной части пояса выделен Тарутинско-Михеевский меднорудный район с Михеевским и Тарутинским медно-порфиroidовыми месторождениями, Западным и другими проявлениями. Михеевское медно-порфиroidовое месторождение числится на балансе с запасами меди (тыс. т) категорий ABC_1 1245,3 (среднее содержание Cu 0,44%), C_2 297 (0,46%) и забалансовыми 205,5 (0,39%); объекты с апробированными прогнозными ресурсами меди представлены Тарутинским скарново-медно-порфиroidовым месторождением (P_1 260 тыс. т) и Западным проявлением (P_1 330, P_2 700 тыс. т). Кроме них, в Новониколаевско-Карамысовском ВПП известны Новониколаевское и Новокатенинское проявления, где, как и на Тарутинском, присутствуют медно-порфиroidовые и медьсодержащие скарново-магнетитовые руды.

Приведенные данные показывают, что в Уральском регионе наиболее благоприятны на обнаружение промышленно значимых медно-порфиroidовых месторождений полихронные базальтоидные и андезиитоидные вулканоплутонические пояса, сопряженные с рифтогенными структурами Восточно-Уральского поднятия. Не вызывает сомнения, что рудный потенциал ВПП поясов Урала не исчерпан недавно выявленными месторождениями и масштаб новых объектов может быть более значительным. Кроме того, при прогнозных построениях необходимо исходить из установленного на примере многих рудных районов Урала вхождения медно-порфиroidовых месторождений в комплексные РМС.

В **Алтае-Саянской области** *Минусинско-Тувинский среднепалеозойский ВПП* представлен многочисленными дискретными ареалами проявлений ВПА, занимает обширные пространства Горного Алтая, Кузнецкого Алатау, Тувы, Западного и Восточного Саяна и продолжается в Западном Забайкалье. Целесообразно рассматривать вулканы ВПП в рамках единой базальт-андезит-ри-

олитовой формационной серии, выделяя ее более раннюю базальт-андезитовую и позднюю дацит-риолитовую составляющие. Первая из них принадлежит потенциально продуктивной ВПА, содержащей в качестве плутогенного члена немногочисленные интрузивы диорит-гранодиоритовой формации. Она проявлена в Западно-Саянской структурно-формационной зоне (СФЗ), на юго-востоке Каахемской и северо-западе Куртушибинской СФЗ Тувы. К массивам плутолитов приурочены мелкие медно-порфиroidовые проявления северо-запада Тувы, в том числе Грейзеновое и Северо-Карагашское. Территория, включающая перечисленные выше СФЗ, соответствует металлогенической зоне с неясными перспективами в отношении поисков промышленных медно-порфиroidовых месторождений.

На остальной территории перспективы ранне-среднедевонской ВПА на медно-порфиroidовое оруденение весьма проблематичны, что обусловлено слабым проявлением интрузивов рудоносной диорит-гранодиоритовой формации, недостаточной выраженностью порфиroidовых фаз и отсутствием перспективных молибденово-медных проявлений. Специфичность девонского магматизма выразилась в массовой генерации пород кислого и ультракислого составов гранит-лейкогранитной формации, с которыми связаны повышенные концентрации Mo, W, редких металлов, полиметаллов, Fe, Co, Cu. Проявления медно-порфиroidового семейства, сопряженные с массивами этой формации, известны в Западном Саяне (Карагашский рудный узел), Восточном Саяне (Теплый Ключ), Туве (Улуг-Кадыр-Осское, Кадыр-Осское и др.), где представлены молибден-порфиroidовым (с медью) рудно-формационным типом.

На этой же территории развиты позднепалеозойские вулканоплутонические и плутогенные пояса, нередко пространственно совмещенные с девонскими. *Горно-Алтайская плутогенная зона* входит в состав позднепалеозойского Талицко-Монголо-Алтайского плутогенного пояса и охватывает Анюйско-Чуйскую, Холзунско-Чуйскую и Талицкую СФЗ. Наиболее ранними плутогенными породами пояса являются интрузивы диорит-гранодиорит-адамеллитовой формации C_1 , сопоставляемые со змеиногорским комплексом Рудного Алтая и относимые нами к потенциально рудоносным (яломанская серия). Для этой формации, наряду с железорудной специализацией, характерно редкометальное, кварц-вольфрамин-

товое и кварц-шеелитовое оруденение, ассоциирующее с лейкократовыми гранитами и гранит-порфирами. Проявления медно-порфировой минерализации здесь единичны и не оценены, поэтому Горно-Алтайская СФЗ рассматривается как зона с неясной перспективностью.

Саяно-Тувинский позднепалеозойский ВПП, дискуссионность и спорность выделения которого авторами учитываются, включает ареалы развития позднепалеозойских магматических образований. Конфигурация пояса определяется наличием трех зон – северо-западной, субширотной и юго-западной. К потенциально рудоносной ВПА могут быть отнесены вулканы андезит-дацит-риолитового состава хербесской (C_1t), байтагской и актальской (C_1v) свит и интрузивы аксуг-кызыкчадрского и торгалыкского комплексов, объединяемых в габбро-диорит-гранодиорит-гранитную (плагиогранитную) формацию. На территории Тувы с массивами этой формации тесно связаны медно-порфировые проявления, в то время как с телами гранит-лейкогранитной формации сютхольского и бреньского комплексов – молибденовые. В субширотной ветви ВПП выделено несколько медно-порфировых рудных узлов – Аксугский, Кызыкчадрский, Шугурский, Северо-Карагашский. В Государственном балансе учтены запасы меди месторождения Ак-Суг категорий ABC_1C_2 в количестве 2,350 млн т со средним содержанием металла 0,75%. В северо-западной ветви ВПП заслуживающие внимания медно-порфировые проявления в настоящее время неизвестны, в юго-западной размещается Серлигский рудный узел с несколькими медно-порфировыми проявлениями в штоках торгалыкского комплекса.

Таким образом, в Саяно-Тувинском ВПП установлены зоны с разными перспективами на медно-порфировое оруденение: малоперспективная северо-западная, рудоносная субширотная и потенциально перспективная юго-западная. В двух последних зонах, особенно в субширотной, широко развиты гранитоиды рудоносной формации, что определяет возможность обнаружения новых медно-порфировых объектов.

В **Забайкалье Джидино-Витимская зона** представляет собой крайнюю восточную ветвь системы девонских ВПП Алтае-Саянской области, отделенную от Минусинско-Тувинского пояса территорией Монголии. В ареал развития массивов рудоносной гранит-граносиенитовой формации четко вписываются зоны максимального распространения молибденового и молибден-вольфрамового оруденения, а

многие проявления этих типов (Мало-Ойногорское, Жарчихинское, Харитоновское и др.) непосредственно приурочены к плутонам гранит-граносиенитового состава. Таким образом, перспективы Джидинско-Витимской зоны должны связываться, в первую очередь, с возможностью обнаружения в ее пределах молибден-порфировых (часто с вольфрамом или медью) месторождений, ассоциирующих с интрузивами гранит-лейкогранитной и гранит-граносиенитовой формаций раннего – среднего девона, в то время как в отношении медно-порфирового оруденения эта зона малоперспективна.

Чикой-Хилокская зона служит северным продолжением рудоносного позднепалеозойского Орхон-Селенгинского ВПП Монголии, включающего крупное молибден-медно-порфировое месторождение Эрдэнтуин-Обо и ряд более мелких объектов. Продуктивная ВПА включает вулканы базальт-андезит-риолитовой формационной серии и массивы потенциально рудоносной диорит-монзонит-гранитной (плагиогранитной?) формации в объеме пермского бичурского комплекса. Они занимают южную и крайнюю северо-восточную части зоны и по составу близки рудоносной габбро-монзонит-плагиогранитной формации Орхон-Селенгинского ВПП Монголии. Более поздние магматические образования пояса представлены ВПА, состоящей из субщелочных кислых вулкаников, субщелочных и щелочных гранитов, а также завершающей ВПА, образованной вулканиками трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовой формации при угнетенном развитии массивов щелочных гранитов и сиенитов.

В пределах Чикой-Хилокской зоны имеется несколько медно-порфировых проявлений (Кударинское, Тамирское и др.), что дает возможность расценивать ее как потенциально перспективную на обнаружение медно-порфировых месторождений.

Забайкальский мезозойский ВПП обычно рассматривается в составе более глобального ранне-среднемезозойского Забайкало-Монгольского пояса. На территории России он протягивается в северо-восточном направлении через весь Забайкальский регион и представлен двумя ветвями: западной, слагающей основной ствол ВПП, и восточной, отвечающей Газимуро-Шилкинской СФЗ.

Начало становления ВПП ознаменовалось образованием потенциально рудоносной средне-позднеюрской ВПА, включающей базальт-анде-

зит-риолитовую (куйтунская, нюкжинская, шадронская свиты) и диорит-гранодиорит-гранитную (амуджиканский, сретенский, шахтаминский комплексы) формационные серии, при этом в последней отмечается смена калиевых гранодиоритов западного сегмента калий-натриевыми восточного. Закономерным выглядит появление в восточном звене ВПП, в Урюмкан-Будюмканской СФЗ, золото-медно-скарнового оруденения, приуроченного к калинатровым гранодиоритам продуктивной формации – Лугоканскому, Култуминскому, Быстринскому массивам. Менее распространены в Забайкальском ВПП более поздние вулканиты трахиандезит-трахириолитовой и интрузивы гранит-лейкогранитной позднеюрских формаций.

С плутонитами рудоносной ВПА пространственно и во времени связаны месторождения и проявления медно-порфинового семейства: золото-молибден-порфиновые с медью (Бугдая, Давенда, Шахтама, Жирекен), золото-молибден-медно-порфиновые (Боровое, Усть-Кудечинское, Талатуйское, Сыпчугурское и др.), золото-медно-магнетитовые и золото-медные в скарнах (Быстринское, Лугоканское, Уронайское), а также медно-золото-свинцово-цинковые (Новоширокинское), золото-полисульфидно-кварцевые (Дарасун), золото-турмалин-сульфидно-кварцевые (Ключевское), золото-порфиновые (Джалиндинское-Кировское, Средне-Голготайское). Экструзивно-субвулканические и вулканогенные образования ВПА сопровождаются золото-серебро-адуляр-кварцевыми (илинский тип) месторождениями.

Таким образом, в пределах Забайкальского ВПП выделяются две зоны развития продуктивной диорит-гранодиоритовой формации – Западная, характеризующаяся ведущей ролью месторождений молибден-порфинового (с медью) типа и потенциально перспективная на медно-порфиговое оруденение в своей западной части, и более перспективная Восточная с проявлениями молибден-порфинового, молибден-медно-порфинового, золото-медно-скарнового и золото-порфинового типов оруденения.

Становой ВПП (J_3-K_1) сформирован в осевой части одноименного поднятия, сложенного архейско-протерозойскими метаморфитами, и образован двумя ВПА. Позднеюрско-раннемеловая ВПА представлена существенно эродированными батолитоподобными плутонами диорит-гранодиоритовой формации (тындинско-бакаранский комплекс); комагматичные вулканиты в небольшом объеме развиты на восточном фланге пояса

и принадлежат к андезит-дацитовой формации (джелонская свита). Раннемеловая ВПА включает андезит-дацит-риолитовую (магейская свита) и гранодиорит-гранитную (ираканский комплекс) формации, становлению которых предшествовало и сопутствовало накопление мощных угленосных молассовых отложений. Магматизм завершился внедрением штоков лейкократовых гранитов и многочисленных даек.

В отношении месторождений медно-порфинового семейства продуктивны плутониты обеих ВПА. К северному флангу пояса тяготеют многочисленные молибден-порфиновые (с небольшим содержанием Au и Cu) проявления (Джалиндинское, Бадис, Дауркачан, Охок, Выходное, Ледяное и др.), к южной половине – медно-молибден-порфиновые (Олонгро, Брянтинское, Бачан, Оконон и др.), значительная часть которых вместе с россыпями золота сосредоточена в Верхнебрянтинском рудном районе. С вулканитами андезит-дацит-риолитовой формации ассоциируют немногочисленные золото-полисульфидные (Загадка и др.) и золото-серебряные (Аутгей, Дениска) проявления. Широкое развитие массивов плутонитов двух потенциально рудоносных формаций и сопряженных с ними золотосодержащих молибден-порфиновых и медно-молибден-порфиновых проявлений позволяет рассматривать Становой ВПП как потенциально перспективный на выявление месторождений этих типов.

На **Северо-Востоке России** в качестве крупных геоструктур, потенциально перспективных на обнаружение медно-порфиновых месторождений, выделяются ВПП: андезитоидные – Охотско-Чукотский, Курьинский, Окрано-Пенжинский, Кедонский и базальтоидный – Удско-Мургальский. Подтверждена выявленная ранее потенциальная рудоносность андезит-риодацит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа становления андезитоидных поясов, с плутоногенными членами которой пространственно и парагенетически связаны медно-порфиновые месторождения, а с вулканогенными – золото-серебряные. В ареалах развития этой ВПА установлены и оконтурены крупнообъемные комплексные РМС, эквивалентные рудным районам (РР) и рудным узлам (РУ) с пространственно сближенными медно-порфировыми и золото-серебряными рудами.

В юго-восточном звене позднеюрского *Курьинского ВПП* выделяется Баимский РР с самым крупным в России медно-порфировым месторождени-

ем Песчанка, поставленным на Государственный баланс с запасами меди (тыс. т) категорий АВС₁ 2606,2 (среднее содержание Cu 0,83%), С₂ 1124,5 (0,88%) и забалансовыми 1798 (0,52%). Рудный район представляет собой РМС, образованную поздневожжской ВПА с плутонитами рудоносной габбро-монзонитовой формации Екдэгкычского плутона, являющегося основным элементом ее строения. Плутон и его сателлиты, с которыми сопряжены золотосодержащие молибден-медно-порфиновые месторождения Песчанка, Находка, проявления Лучик, Екдэгкыч и др., образуют внутреннюю зону РМС, а вмещающие гидротермально измененные комагматичные вулкани-ты с золото-полисульфидным месторождением Весеннее – внешнюю.

В северо-западной Хетачано-Кричальской ветви Курьинского пояса выделен Иннахский потенциальный РР, отвечающий ареалу развития рудоносной ВПА в пределах поперечного горст-антиклинального поднятия. Плутонитами габбро-монзонитовой формации сложены массивы Камень Такмыка, Курьячанский, с которыми связаны мощные пиритовые ореолы, золото-кварцевые, золото-кварц-сульфидные жилы и штокверки, проявления медно-порфинового оруденения с содержанием Au до 5,4, Ag 10–50 г/т, Cu 0,01–1,0, Mo до 0,05% и комплексные геохимические аномалии, соответствующие потенциальным рудным полям.

Самый крупный на востоке России – ранне-позднемеловой *Охотско-Чукотский ВПП*, который вместе с предшествующим (позднеюрско-неокомовым) базальтоидным *Удско-Мургальским поясом* является одним из основных элементов строения Северо-Западной Тихоокеанской окраины. Потенциал разных звеньев поясов в отношении выявления медно-порфиновых месторождений заметно различается.

Вулканоплутоническая ассоциация, составляющая основу Удско-Мургальского пояса, включает андезибазальт-андезитовую и габбро-диорит-тоналит(гранодиорит)-плагиогранитную формации; последняя потенциально продуктивна на медно-порфиновые руды. Охотско-Чукотский пояс сформирован в течение двухэтапов альб-сенонского временного диапазона. Вулканоплутоническая ассоциация раннего этапа (альб, частично сенон) образована вулканидами андезитовых и андезибазальтовых формаций, которые сменяются базальт-андезит-дацит-риолитовой и дацит-риолитовой формациями, продуктивными на золо-

то-серебряные месторождения. Плутониты раннего этапа представлены двумя формациями: габбро-диорит-тоналит-гранодиоритовой и габбро-диорит-гранодиорит-гранитной, которые потенциально продуктивны на медно-порфиновые руды. Дацит-риолит-гранодиорит-гранитная ВПА позднего этапа (турон-сенон), как и все последующие магматические формации, по отношению к медно-порфиловым и золото-серебряным месторождениям является послерудной.

Специалистами ЦНИГРИ в пределах металлогенической провинции, отвечающей системе Охотско-Чукотского и Удско-Мургальского ВПП, выделен ряд крупных металлогенических зон – звеньев поясов. В границах зон оконтурены площади в ранге потенциальных медно-порфиловых рудных районов и узлов, для которых характерны положение в относительно поднятых блоках и выступах фундамента ВПП, вмещающих тела плуто-нитов продуктивных формаций, присутствие медно-порфиловых проявлений, а также скарновых и жильных медных, полиметаллических и золото-полисульфидных, свойственных периферическим частям медно-порфиловых систем.

В *Удско-Джугджурском звене* Алдома-Этанджинский потенциальный РР охватывает выступ фундамента ВПП с крупным одноименным полиформационным плутоном, в строении которого основной объем занимают образования рудоносной диорит-гранодиорит-гранитной формации (джугджурский комплекс). Здесь распространены медно-молибден-порфиловые (Горохан, Усмучанское, Верхнеульинское), молибден-порфиловые (Богатый, Этанджа, Инняхское, Верхнеалдомское, Кивангра) и жильные полиметаллические проявления. В южной части района известны существенно медные (Арбагастакское, Верхнедоринское, Овланжин, Ириска), золото-медные (Назаровское), молибденово-медные (Нюбку) проявления, а в выступе метаморфического субстрата пояса – Етарское и Прибрежное золото-сульфидно-кварцевые месторождения.

В Примагаданском звене на Уптарской и Осенне-Оксинской площадях (РУ) поисковыми работами, в том числе ООО «Станнолит» и ЦНИГРИ, оценены медно-молибден-порфиловые (Уптар, Челябинский) и молибденовые жильные (Оксинское, Усинское, Медвежья Падь) проявления, установлен их непромышленный характер. С учетом этого обстоятельства, а также в целом высокого уровня эрозионного среза, Челомджа-Ямскую зону следует рассматри-

вать как бесперспективную на обнаружение промышленных медно-порфировых месторождений.

В тыловой зоне Охотско-Чукотского пояса на Балыгычанском поднятии в ареале распространения массивов рудоносной габбро-диорит-гранодиорит-адамеллитовой формации по результатам прогнозных исследований ЦНИГРИ с учетом данных предшествующих геолого-съёмочных и геологоразведочных работ выделены потенциальные медно-порфировые рудные узлы. Наиболее перспективны Омчикский с медно-порфировым (Сосед) и серебро-полиметаллическими проявлениями и Верхне-Буюндинский с молибден-медно-порфировыми (Глухариное, Березовское) и золото-полисульфидными в экзоконтактах массива продуктивной формации.

В Кони-Тайгоносской МЗ известен Кони-Пьягинский рудный район с мелким медно-порфировым месторождением Лора, проявлениями Прямой, Викинг и др. Основной элемент его строения – полиформационный Среднинский интрузив, в составе которого присутствуют рудоносные формации Удско-Мургальского и Охотско-Чукотского поясов. Обнаружение медно-порфирового объекта с прогнозными ресурсами категории P_3 ~5 млн т условной меди прогнозируется на участке Тальниковый.

В Вилигинской МЗ в относительно поднятых блоках фундамента Охотско-Чукотского ВПП, содержащих тела плутонов рудоносной формации, в ранге потенциально перспективных оконтурены Вилигинская (с Мосичанским РУ) и Ненкатская площади с медно-порфировыми (Дэгдэнрэкен с участками Пиритовый, Октава) и золотосодержащими полиметаллическими проявлениями. В такой же позиции выделен Вархаламский потенциальный РУ со слабо эродированным золото-медно-порфировым проявлением Перекатное со средним содержанием Cu 0,4%.

На слабо изученной территории *Эвенско-Пареньской МЗ* в ранге потенциальных РР и РУ с перспективами обнаружения медно-порфировых месторождений оконтурены Хивачская, Сумная, Мечивеемская, Иловаамская площади. Наибольшие перспективы у Мечивеемского РУ, в пределах которого Осиновский интрузив продуктивной габбро-диорит-гранодиоритовой формации сопровождается золото-серебро-полисульфидными и медно-порфировыми (Вай) проявлениями. Потенциальное рудное поле отвечает надынтрузивной зоне, где с рудоносными порфировыми телами диоритов и гранодиоритов ассоциируют золо-

то-серебряные, золото-серебро-полисульфидные штокверки и жилы, свойственные верхним частям медно-порфировых РМС.

В *Пенжинско-Анадырском звене* образования Охотско-Чукотского пояса на значительных площадях Мургальского и Пекульнейского поднятий перекрывают островодужные комплексы Удско-Мургальского ВПП, а плутоны обоих поясов слагают полихронные плутоны, включающие отложения обеих продуктивных формаций – неокотовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной и альб-сеноманской габбро-диорит-гранодиоритовой. Здесь же на ВПА этих поясов «наложен» палеоен-миоценовый Оклано-Пенжинский ВПП, также ориентированный в северо-восточном направлении [18].

С полиформационными плутонами пространственно и во времени связан ряд слабо изученных медно-порфировых проявлений (Цирковое, Штокверк), а с субвулканическими фациями альб-сеноманской продуктивной формации – золото-серебряные месторождения (Сергеевское) и проявления. В юго-западной части звена выделяется медно-порфировый Цирковый РУ с Ичигемским плутоном в центральной части, а также Хиузно-Ушканьинский, включающий рудоносные ВПА Охотско-Чукотского и Оклано-Пенжинского поясов. С ними связаны медно-порфировые (Тайное) и золото-полисульфидные (Кедровое, Булу, Горное) проявления, характерные для периферии РМС «порфирового типа», геохимические и металлометрические ореолы меди, что определяет перспективы РУ на обнаружение медно-порфировых и сопряженных золото-серебряных месторождений. Рудоносность андезит-диоритовой ВПА Оклано-Пенжинского пояса проявлена в Среднеорловкинской и Кондыревской вулканопольных постройках, вмещающих медно-порфировые и золото-серебряные проявления.

В 2010–2012 гг. в Ольховском потенциальном РР, обладающем признаками крупной РМС с комплексной металлогенией, ЦНИГРИ совместно с ООО «Георегион» проведены поисковые работы на трех перспективных площадях (РУ) – Ольховской, Убиенкинской, Серовской. На Ольховской площади со штоками кварцевых монзонит-порфиров, завершающих становление массивов рудоносной габбро-диорит-гранодиоритовой формации (каварьянский комплекс), ассоциируют медно-порфировые (Ольховское и др.) и золото-полисульфидные (Горное, Косогорненское) проявления. На

Ольховском рудопроявлении оконтурена рудная зона со средним содержанием Cu 0,3%, апробированные прогнозные ресурсы металла категории P_2 составили 500 тыс. т. Перспективы обнаружения медно-порфировых руд на глубоких горизонтах Горного ПРП (Горное и Косогорненское проявления золото-полисульфидных руд), имеют признаки периферийных частей РМС. На Убиенкинской площади выделено и изучено Ракетное ПРП, в пределах которого опробованы три участка. Установлено, что медно-порфировые руды парагенетически связаны с габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формацией впервые выделенного палеоценового ракетного комплекса Окрано-Пенжинского ВПП [14]. По результатам горно-буровых работ оценены прогнозные ресурсы ПРП категории P_2 в количестве 970 тыс. т меди при среднем содержании Cu 0,16% (отнесены к некондиционным). Вместе с тем, необходимо отметить, что другие потенциально перспективные рудные поля Ольховского ПРП – Веткинское, Комаринское Пожарское, Серовское – из-за недостатка объемов поисковых работ практически не изучены.

Танюерский потенциальный РР выделен на северном фланге Пекульнейского поднятия. Медно-порфировые проявления (Базовое, Моренное и др.) локализованы в тоналитах и кварцевых диоритах рудоносной габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации (мургалский комплекс), слагающей основной объем Верхнетанюерского полихронного интрузива. По итогам поисковых работ ЦНИГРИ и ООО «Георегион» на проявлении Базовое оконтурена крутопадающая рудная зона, по которой апробированные прогнозные ресурсы меди категорий P_1+P_2 составили 1,2 млн т при среднем содержании условной Cu 0,51% и бортовом – 0,36%. Потенциал проявления этими ресурсами не исчерпывается. Перспективы выявления промышленных медно-порфировых объектов в обстановках Мургалского и Пекульнейского поднятий оцениваются достаточно высоко.

В восточной прибрежной части *Восточно-Чукотской фланговой зоны* выделяется слабо изученный Чаплинский потенциальный РР, где пространственно тесно связаны медно-молибден-порфировые (Синвеем, Гагачье и др.) и золото-полисульфидные (Хед, Журавленок, Алеут) проявления, ассоциирующие с рудоносной андезит-гранодиоритовой ВПА. Штокверк Гребневой на проявлении Хед, отличающийся наиболее высокими содержанием Cu , Mo , Au , Ag , представляет

медно-порфировый объект с надрудным положением эрозионного среза.

В *Березовской ветви* Охотско-Чукотского ВПП Бургачанский потенциальный РР представляет собой комплексную РМС, во внутренней зоне которой, отвечающей магматогенному поднятию с массивом Медленный рудоносного намындыканского комплекса, размещены непромышленные золото-медно-порфировые и золото-медно-скарновые проявления (Медь-Гора и др.), а в примыкающей к нему вулканотектонической депрессии в вулканитах андезит-риолитовой формации – золото-серебро-полисульфидные. Район перспективен на обнаружение промышленных медно-порфировых объектов на флангах и глубоких горизонтах известных проявлений.

Кедонский ВПП представлен ареалами континентальных вулканитов, плутонитов и вулканогенно-осадочных отложений кедонской серии (D_{2-3}) на Омолонском массиве. Металлогеническая специфика пояса определяется присутствием золото-серебряных, молибден-медно-порфировых и полиметаллических месторождений и проявлений. Наиболее высокая рудоносность отмечается в Южно-Омолонском РР, где в выступах фундамента локализованы массивы плутонитов рудоносных диорит-гранодиорит-граносиенитовой и диорит-тоналит-гранодиорит-гранитовой формаций с медно-молибден-порфировыми (Таборное, Орлиное, Дубль-Южный и др.) и молибден-порфировыми (Вечернее, Хрустальное) проявлениями, а в депрессиях, выполненных вулканитами трахиандезит-риодацитовой формации, – золото-серебряные месторождения (Кубака, Биркачан) и проявления. Тесная пространственная сопряженность близких по возрасту медно-молибден-порфировых и золото-серебряных объектов указывает на возможное присутствие в Южно-Омолонском районе комплексных РМС. В качестве наиболее перспективных на обнаружение медно-порфировых месторождений обозначены Северо- и Южно-Авландинский, Олдьанский и Анмандыканский потенциальные РУ.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективах разновозрастных ВПП Северо-Востока России, прежде всего Курьинского, в меньшей степени Кедонского, на выявление промышленных медно-порфировых объектов. При этом в системе Удско-Мургалский–Охотско-Чукотский ВПП наиболее перспективно Пенжинско-Анадырское звено с оцененными медно-порфировыми проявлениями, менее благоприятны Березовское и

Удско-Джугджурское, в то время как все другие звенья следует рассматривать в качестве зон с неясными перспективами. К этой же категории можно отнести Уяндино-Ясачненский ВПП, в пределах которого известно единственное медно-порфировое проявление Невидимка.

Отметим, что достоверная оценка выявляемых проявлений медно-порфировых и сопряженных золото-серебряных и золото-полисульфидных руд невозможна без постановки ГРП с большими объемами горно-буровых работ. Судя по мировому опыту, для открытия и разведки медно-порфировых месторождений необходимы десятки тысяч, а крупных – сотни тысяч погонных метров бурения. На рассмотренных выше перспективных площадях при поисках 2009–2012 гг. объемы горно-буровых работ (первые тысячи метров) были явно недостаточны, поэтому выявленные медно-порфировые и сопряженные с ними проявления остались недоизученными. Вместе с тем, возможность обнаружения промышленно значимых медно-порфировых месторождений на Северо-Востоке страны в ближайшее время ограничивается неблагоприятными географо-экономическими условиями региона.

В Приамурье и на Сихотэ-Алине позднеюрско-меловой *Умлекано-Огоджинский ВПП* протягивается в субширотном направлении, перекрывая структуры северного фланга Буреинского массива. В его основании выделяется потенциально рудоносная андезит-гранодиоритовая ВПА (J_3-K_1), завершающая становление мезозойских базальтоидных рифтогенных структур Монголо-Охотской системы. В выступах фундамента размещены массивы относящейся к ней диорит-гранодиоритовой формации (верхнеамурский комплекс) с золото-сульфидно-кварцевыми проявлениями. Следующая по времени андезит-монцогранодиоритовая ВПА (K_1) образована вулканитами андезитовой, андезит-дацитовой и дацит-риолитовой формаций с золото-адуляр-кварцевыми месторождениями (Покровское, Буриндинское) и плутонитами габбро-монцодиорит-монцогранодиоритовой (буриндинский комплекс) формации, продуктивной на медно-порфировое оруденение. Поздние андезит-базальтовая, риолит-трахириолитовая и гранит-лейкогранитная формации являются послерудными.

В структуре пояса выделена Умлекано-Огоджинская металлогеническая зона, отнесенная к потенциально перспективной. Апробированные прогнозные ресурсы меди категории P_3 в ее пре-

делах составляют 2000 тыс. т. В Октябрьском и Гонжинском золоторудных районах зоны работами последних десятилетий установлены рудные узлы с проявлениями золотосодержащего молибден-медно-порфирового типа: в Октябрьском – Елна-Адамихинский, Умлекано-Ясачненский, Сохатинский, в Гонжинском – Верхне-Тыгдинский и более крупный по масштабам Бургуликанский. Медно-порфировые проявления ассоциируют с телами порфировых пород, завершающими становление рудоносной монцогранодиоритовой формации.

В Бургуликанском РУ поисковыми работами с участием ЦНИГРИ оконтурено одноименное рудное поле, объединяющее Иканскую, Бургуликанскую и Арбинскую штокверковые рудные зоны. В целом Бургуликанское рудное поле характеризуется медно-порфировым оруденением промышленного уровня и находится в распределенном фонде недр. Елна-Адамихинский РУ включает Порфировое и Меньшиковское потенциальные рудные поля. На последнем из названных полей и выделенном в его пределах участке Елна силами ЦНИГРИ и ОАО «Амургеология» проведены поисковые работы, по результатам которых ресурсы меди категории P_2 Меньшиковского рудного поля оценены в 465 тыс. т при среднем содержании металла 0,2%.

Восточно-Сихотэ-Алиньский ВПП включает магматические породы, отвечающие временно-му интервалу K_2-N_1 . Особенностью образований пояса является перекрытие их ареалами магматических пород более раннего (позднемелового) Западно-Сихотэ-Алиньского ВПП. За счет этого здесь проявлены две андезит-риолит-гранодиоритовые ВПА раннего этапа, потенциально рудоносные в отношении медно-порфировых и золото-серебряных месторождений, – позднемеловая и палеоценовая. Послерудная риолит(игнимбрит)-гранодиорит-гранитная ВПА турона-сантона надстраивает разрез Западно-Сихотэ-Алиньского пояса в южном звене, а эоцен-олигоценые и миоценовые формации контрастной базальт-риолитовой серии завершают становление Восточно-Сихотэ-Алиньского пояса на всем его протяжении.

Молибден-медно-порфировые проявления (около 30) локализованы в выступах фундамента на западном фланге пояса в ареале развития небольших массивов рудоносной диорит-гранодиорит-гранитной формации. В основном они сосредоточены на Окча-Уктурской (Цокольное, Удомин), Самаргинской (Сухой, Золотой), Звездной

(Верхнезолотой, Янтарный), Максимовской (Нестеровское и др.), Соболиной (Лазурный) площадях, сопоставимых по характеристикам с потенциальными рудными узлами.

В северном звене пояса в Нижнеамурском РР, наряду с золоторудными (Многовершинное, Белая Гора, Бухтыанское) месторождениями, ассоциирующимися с палеоценовой андезит-дацитовый формацией, известны и медно-порфировые проявления (Тырское, Попутное), сопряженные с мелкими дайками и штоками диоритов, монцодиоритов и гранодиорит-порфиров палеоценового бекчиулского комплекса. Расположенный в экономически освоенном регионе Нижне-Амурский РР, включающий разрабатываемые золоторудные месторождения Многовершинное и Белая Гора, изучен в основном до глубины около 300 м. По ряду характеристик эти и другие объекты района обладают признаками периферических частей РМС «порфирового» типа, во внутренних зонах которых могут прогнозироваться медно-порфировые руды.

Западно-Сихотэ-Алиньский ВПП, протягивающийся параллельно Восточно-Сихотэ-Алиньскому, состоит из отдельных вулканических и плутонических ареалов, контролирующихся зонами Центрально- и Западно-Сихотэ-Алиньского глубинных разломов. Позднемеловая ВПА, продуктивная на золото-серебряные и медно-порфировые руды, образована андезитовой, андезит-риодацитовый и диорит-гранодиорит-гранитной формациями. Медно-порфировые проявления – Маноминское, Правобарахтинское, Левый Чуи, Малахитовое, Хвощевое и др. вместе с рудоносными интрузивами локализованы в выступах фундамента пояса.

Перспективы выявления в Западно-Сихотэ-Алиньском поясе промышленных медно-порфировых объектов стали очевидными в связи с недавним открытием в его северной части золото-медно-порфирового месторождения Малмыж, ассоциирующего со штоками и дайками порфировых гранодиоритов и кварцевых диоритов. На уровне современной изученности месторождения суммарные прогнозные ресурсы категорий P_1+P_2 оцениваются в 4,9 млн т меди и 266 т золота при средних содержаниях 0,3–0,4% Cu и 0,1–0,3 г/т Au соответственно [13]. В этом же районе в последние годы установлены золото-медно-порфировое проявление Кантагар, золото-медные проявления Кентавр, Ангочикан, Чульбаткан, а в качестве потенциально перспективного на медно-порфировые руды ФГУП «Дальгеофизика» выдвинут

Ямтульский РУ с авторской оценкой прогнозных ресурсов категории P_3 меди 3 млн т, золота 160 т.

Перспективен также Дагды-Сандинский потенциальный РР, в пределах которого рудоносная ВПА сопровождается медно-порфировыми, молибден-медно-порфировыми (Ночное, Сухое, Оуми, Верхнееарсеньевское), золото-серебряными (Телеучинское, Копи, Галечное, Молодое) проявлениями. Совместное их нахождение говорит о возможном присутствии здесь комплексных РМС, основными рудами в которых могут быть медно-порфировые. В южной части пояса выделяется Сидиминский потенциальный РУ с одноименным полиформационным плутоном, включающим штоки и дайки рудоносной позднемеловой диорит-гранодиорит-гранитной формации. По результатам поисковых работ небольшого объема оконтурено Хвощевое потенциальное рудное поле с молибден-медно-порфировыми проявлениями, а в 15 км северо-восточнее – Амхалгинская площадь, перспективная на обнаружение скрытых медно-порфировых залежей.

Приведенные данные показывают, что в рассматриваемом регионе наиболее перспективен на обнаружение медно-порфировых месторождений Западно-Сихотэ-Алиньский ВПП, менее – Умлекано-Огоджинский. В Восточно-Сихотэ-Алиньском поясе вероятность открытия промышленных медно-порфировых объектов реальна для его западного и северного флангов, включающих выступы фундамента с массивами продуктивной формации и медно-порфировыми проявлениями. Известные здесь также Хингано-Буреинский (K_{1-2}) и Ханкайский (Р) ВПП отнесены к числу неперспективных, поскольку не содержат плутонитов продуктивных формаций и медно-порфировых проявлений.

На **Камчатке** с запада на восток сменяют друг друга следующие ВПП (от ранних к поздним): базальтоидный Ирунейско-Кирганикский, андезитоидные Пенжинско-Западно-Камчатский, Корякско-Центрально-Камчатский и Олюторско-Восточно-Камчатский, протягивающиеся в субмеридиональном направлении.

Позднемеловой – палеоценовый *Ирунейско-Кирганикский базальтоидный ВПП* включает вулканы базальт-андезитобазальтового состава верхней части разреза ирунейской и всего объема кирганикской свиты, а также сопровождающие их плутониты габбро-плагиогранитной и габбро-сиенитовой формаций. Щелочные и субщелочные калиевые вулканы кирганикской свиты и ассо-

цирующие с ними интрузивно-субвулканические тела образуют позднемеловую – палеоценовую ВПА, состоящую из базальт-трахибазальт-трахиандезитовой и пироксенит-эссексит-шонкинитовой формаций. Последняя продуктивна на золото-медные (с Au) прожилково-вкрапленные руды, формирование которых связано с существенно щелочным базальтоидным магматизмом [3]. Основная часть золото-медных проявлений (Кирганикское месторождение, рудопроявления Позднее, ручья Хим, Сухое) сосредоточена в Хим-Кирганикском РР, где выделяются Хим-Кирганикский и Шаромский прогнозируемые рудные узлы. По Кирганикскому месторождению апробированы прогнозные ресурсы категории P_1 в количестве 480 тыс. т меди, а по рудному полю – категории P_2 – 425 тыс. т. Они могут быть увеличены за счет изучения флангов и глубоких горизонтов. Возможность обнаружения других месторождений «кирганикского типа» ограничена в связи с перекрытием образований Ирунейско-Кирганикского ВПП, в том числе плутонов рудоносной формации, более молодыми отложениями.

Корякско-Центрально-Камчатский ВПП – наиболее крупный в регионе. Продукты раннего этапа представлены миоценовой рудоносной андезит-диоритовой ВПА, в составе которой андезит-дацитовая формация продуктивна на золото-серебряные руды и сопровождается промышленными месторождениями, а габбро-диорит-гранодиоритовая (лавкинский комплекс) – на медно-порфиновые. С плиоценовым ритмом связано накопление вулканитов андезибазальтовой формации.

Медно-порфиновые проявления, ассоциирующие с рудоносными интрузивами, в основном размещены в Срединном выступе фундамента в Хим-Кирганикском РР (Лагерное, Лазурное, Туманное) и Андриановско-Крутогоровском потенциальном РУ (Малахитовое и др.), а также к югу от него (Кагнисин, Воеводское, Красногорское). Для Андриановско-Крутогоровского РУ апробированы прогнозные ресурсы меди категории P_3 в объеме 4000 тыс. т. В центральной части пояса в ареале развития массивов рудоносной диорит-гранодиоритовой формации выделяются несколько потенциальных рудных узлов с перспективами обнаружения медно-порфиновых месторождений: Венявямский с Сиганектанским медно-порфировым проявлением; Тыклявямский с золото-полисульфидным проявлением Амбух в аргиллизитах и вторичных кварцитах с высоким содержанием Pb,

Zn, Cu, Mo, Au, Ag; Шаманкинский; Тымлатский, рассматривающийся как РМС с зональным распределением золото-медно-порфировых и золото-серебро-полисульфидных проявлений.

Вблизи северного замыкания пояса перспективы обнаружения скрытых медно-порфировых месторождений обосновываются ЦНИГРИ для Малетойваямского РУ с проявлениями медно-мышьяковой (энаргит-люционитовой) минерализации, свойственной верхним частям медно-порфировых систем, а также медно-порфировой (Юбилейное, Октябрьское и др.) в телах миоценовых диоритов. Потенциальная перспективность Малетойваямского РУ на медно-порфировый тип руд оценивается положительно [1].

Олюторско-Восточно-Камчатский ВПП протягивается вдоль восточного побережья Камчатки. Ранняя олигоцен-миоценовая андезит-диоритовая ВПА, аналогичная выделяемой в Корякско-Центрально-Камчатском поясе, сопровождается проявлениями золото-серебро-полиметаллического типа (Мутновское, Китхойское), а также многочисленными медно-порфировыми в мелких телах диоритов-гранодиоритов. Со следующей за ней миоцен-плиоценовой андезит-дацит-риолитовой формацией сопряжены золото-серебряные месторождения (Асачинское, Банное, Родниковое и др.), составляющие основу рудного потенциала Южно-Камчатского района.

В качестве возможного медно-порфирового объекта наиболее полно изучено Кумрочское рудное поле, размещенное в ареале небольших тел продуктивной диорит-гранодиоритовой формации в одноименном палеоподнятии. На месторождении Кумроч бурением оконтурены промышленно значимые золото-серебро-полиметаллические руды, однако сменяющая их на глубоких горизонтах штокверковая золото-молибден-медно-порфировая минерализация имеет незначительный объем.

В северо-восточном звене Олюторско-Восточно-Камчатского ВПП выделяется Белогорский потенциальный РУ, в центре которого находится крупная вулканоструктура, сформированная в ходе становления потенциально рудоносной миоценовой андезит-дацитовой формации в относительно поднятом блоке фундамента. Распределение рудной минерализации, представленной медно-порфировым, золото-серебряным и жильно-штокверковым полиметаллическими типами, а также проявлениями мышьяка и сурьмы на южном флан-

ге, подчинено вертикально-латеральной зональности, свойственной комплексным РМС с медно-порфировыми рудами во внутренней зоне, и отражает надрудное положение эрозионного среза.

Изложенное показывает, что наибольшие перспективы обнаружения промышленных медно-порфировых объектов имеются в Корякско-Центрально-Камчатском ВПП, значительная часть которого сформирована на выступах фундамента с благоприятными геоструктурными обстановками для образования медно-порфировых РМС. Вместе с тем, с учетом весьма низкого уровня изученности большинства прогнозируемых рудных узлов, данных для объективной оценки перспектив этого, а также Олюторско-Восточно-Камчатского ВПП на медно-порфировые руды на всем их протяжении недостаточно. Пенжинско-Западно-Камчатский ВПП из-за незначительного объема рудоносных интрузивов и связанных с ними медно-порфировых проявлений не перспективен на выявление промышленных объектов этого типа.

Таким образом, возможность обнаружения медно-порфировых месторождений, в том числе крупных, на территории России достаточно высока. В первую очередь, она связана с изучением перспективных и потенциально перспективных провинций и зон (см. рисунок), а также выделенных рудных районов, узлов и проявлений. При этом с учетом инфраструктурного развития тех или иных регионов, наличия в них горнорудного производства и возможностей ускоренного вовлечения медно-порфировых объектов в эксплуатацию в качестве приоритетных для их поисков и оценки могут рассматриваться территории Урала и Приамурья, в меньшей степени Забайкалья и Тувы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчков А.Г., Звездов В.С. Природа проявлений медно-мышьяковой минерализации Малетойваямского стратовулкана // Руды и металлы. 1997. № 5. С. 44–52.
2. Грабежев А.И. Рениеносные медно-порфировые рудно-магматические системы Урала: геологическое положение, изотопно-петрогеохимическая и возрастная латеральная зональность // Литосфера. 2012. № 4. С. 190–207.
3. Звездов В.С. Геология и генезис Кирганикского золото-медного месторождения Камчатки // Отечественная геология. 1997. № 5. С. 13–17.
4. Звездов В.С. Крупные и сверхкрупные месторождения медно-порфирового семейства в ранговых рядах запасов и содержаний // Отечественная геология. 2005. № 2. С. 46–56.
5. Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Прогностно-поисковые модели комплексных рудномагматических систем вулканоплутонических поясов Востока России // Отечественная геология. 2011. № 3. С. 13–21.
6. Звездов В.С., Минина О.В. Рудно-магматические системы вулканоплутонических поясов Востока России // Руды и металлы. 2010. № 1. С. 48–59.
7. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983.
8. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
9. Кривцов А.И., Звездов В.С., Минина О.В., Мигачев И.Ф. Медно-порфировые месторождения. Сер. Модели месторождений цветных и благородных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 2001.
10. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
11. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфировые месторождения мира. – М.: Недра, 1986.
12. Крупные медно-порфировые рудно-магматические системы и их геотектоническая позиция / О.В.Минина, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев и др. – М.: ВИЭМС. МГП «Геоинформмарк», 1991. Вып. 6.
13. Малмыж – новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.Ф.Читалин, А.А.Ефимов, К.И.Воскресенский и др. // Минеральные ресурсы России. 2013. № 3. С. 65–69.
14. Медно-порфировые проявления Юго-Западной Чукотки и перспективы обнаружения промышленных объектов / А.В.Андреев, О.В.Авилова, В.Е.Васюков, В.С.Звездов и др. // Отечественная геология. 2014. № 6. С. 32–47.
15. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, М.М.Константинов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
16. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов». Вып. «Медь» / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

17. 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-практическая конференция. М., 2006. С. 47–57.
18. Мигачев И.Ф., Минина О.В., Звездов В.С. Мезокайнозойские вулканоплутонические пояса – новая перспективная медно-порфировая провинция Юго-Западной Чукотки // Отечественная геология. 2014. № 6. С. 12–23.
19. Оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка, никеля, кобальта. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / А.И.Кривцов, М.Б.Бородаевская, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ. 1986. Ч. VI.
20. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта / М.Б.Бородаевская, А.И.Кривцов, А.П.Лихачев и др. – М.: Недра, 1987.
21. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, Е.М.Аксенов и др. – М.: ЦНИГРИ, 2010.
22. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, М.М.Константинов, В.В.Кузнецов и др. // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 11–31.
23. Corbett G.J., Leach T.M. Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration and mineralization // Soc. of Econ. Geol., Spec. Pub. 1998. № 6.
24. Discovery of the high-grade Wafi-Golpu Au-Cu porphyry deposit, Morobe Province, Papua New Guinea / F. MacCorquodale, A. Harris, M. Humphries et al. // 34th International Geological Congress. Proceedings. Brisbane, Australia. 2012.
25. Evolution of magmatic vapor to gold-rich epithermal liquid: the porphyry to epithermal transition at Nevados de Famatina, Northwest Argentina / C. Pudack, W.E. Halter, C.A. Heinrich et al. // Econ. Geol. 2009. Vol. 104. N 4. P. 449–477.
26. Gustafson L.B., Vidal C.E., Pinto R., Noble D.C. Porphyry-Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Peru // Andean Metallogeny: New Discoveries, Concepts, and Updates. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2004. N 11. P. 279–299.
27. Longo A.A., Dilles J.H., Grunder A.L., Duncan R. Evolution of calcic-alkaline volcanism and associated hydrothermal gold deposits at Yanacocha, Peru // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 1191–1241.
28. Migachev I.F. Complex ore nodes of marginal volcano-plutonic belts and their geological setting // Resource Geology Special Issue. 1993. N. 15. P. 199–209.
29. Muntean J.L., Einaudi M.T. Porphyry gold deposits of the Refugio district, Maricunga belt, Northern Chile // Econ. Geol. 2000. Vol. 95. P. 1445–1472.
30. Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. Linkages between volcano-tectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits // Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rules and witnesses or processes within the Earth. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2003. N 10. P. 315–343.
31. Spatial and temporal relationships between hydrothermal alteration assemblages at the Palinpinon geothermal field, Philippines – Implications for porphyry and epithermal ore deposits / A.J. Rae, D.R. Cooke, D. Phillips et al. // Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rules and witnesses or processes within the Earth. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2003. N 10. P. 223–246.
32. Teal L., Benavides A. History and Geologic Overview of the Yanacocha Mining District, Cajamarca, Peru // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 1173–1190.
33. The geology and genesis of the telescoped Wafi-Golpu porphyry-epithermal system, Papua New Guinea / M. Rinne, D. Cooke, A. Harris et al. // 34th International Geological Congress. Proceedings. Brisbane, Australia. 2012.